Untersuchungen über die Wachsthumsgesetze der Pflanzenorgane.

Erste Reihe: Nutirende Internodien.

Unter Mitwirkung von **Richard v. Wettstein** ausgeführt von

Julius Wiesner,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Arbeiten des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. Wiener Universität. XXIII.)

Einleitung.

Die Lehre vom Wachsthum der Organe bildet einen der wichtigsten Theile der Pflanzenphysiologie.

Im Bereiche dieses grossen Forschungsgebietes ist aber, zum Theile in Folge Unvollkommenheit der angewendeten Methode, das Naheliegendste, der Verlauf des Wachsthums der einzelnen Organe, nur unvollkommen bekannt.

Selbst über die Wachsthumsweise der Stengel, welche in dieser Beziehung der Untersuchung am meisten zugänglich sind, liegen fast durchwegs nur sehr unvollständige und ungenaue Beobachtungen vor.

Man ist geneigt, den Verlauf des Wachsthums der Organe als erblich festgehaltene, weiter nicht zu erklärende Eigenthümlichkeit der Pflanze zu betrachten. Doch wurden bisher keine ernstlichen Versuche, den Verlauf des Wachsthums ursächlich zu erklären, unternommen. Es bot sich hiezu auch kaum Gelegenheit, da über die Wachsthumsweise der Organe zu wenig Thatsächliches bekannt wurde und mithin für eine auf die Erklärung der Vorgänge abzielende Fragestellung zu wenig Anhaltspunkte sich ergaben.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, die Wachsthumsweise der Organe auf Grund möglichst vollständiger und gründlicher Untersuchungen aufzudecken und so weit als möglich zu erklären und in ihren Beziehungen zum Leben der Organe zu erläutern.

Die Beeinflussung des Wachsthums durch Licht, Wärme und andere hierauf förderlich oder hemmend wirkende Factoren, über welchen Gegenstand viele und vortreffliche Untersuchungen vorliegen, zu verfolgen, liegt nicht im Plane meiner Arbeit, doch wird voraussichtlich eine gelegentliche Prüfung oder Discussion dieser Einflüsse unvermeidlich sein.

Die Hauptfragen, um die es sich in dieser meiner Untersuchung handeln wird, sind die: welche zeitliche und räumliche Vertheilung lässt die Wachsthumsintensität der Pflanzenorgane erkennen; ferner, auf welche in den Geweben stattfindende Vorgänge lässt sich das Wachsthum der Organe zurückführen?

Die vorliegende Untersuchung wird sich blos mit den Stengelgliedern und wie ich später noch genauer auseinandersetzen werde, blos mit den nutirenden Internodien befassen. Die Beziehung derselben zu den damit verbundenen Internodien und seitlichen Organen bleibt einstweilen ausser Betracht. Die Wachsthumsweise der anderen Organe, über welchen Gegenstand schon mehrfache Vorarbeiten von mir durchgeführt wurden, soll in späteren Veröffentlichungen dargelegt werden.

Da die geplante Untersuchung den Charakter einer Monographie an sich trägt und tragen wird, so dürfte es zweckmässig erscheinen und vielleicht auch willkommen geheissen werden, wenn auch die Geschichte des Gegenstandes zur Darstellung gelangt.

Die nachfolgenden Zeilen bringen zunächst eine kurze historische Schilderung unserer auf die Wachsthumsweise der Stengel Bezug nehmenden Kenntnisse.

Die ersten Beobachtungen über das Wachsthum der Stengel und Stengelglieder rühren von dem Begründer der Pflanzenphysiologie, St. Hales, her, welcher in seiner 1727 erschienenen

Statik der Gewächse an der Weinrebe constatirte, dass die Internodien des Sprosses ungleichmässig, nämlich im oberen Theile stärker wachsen als im unteren und dass auch ganze Sprosse ein ähnliches Verhalten zeigen. Die Messung geschah durch Markirung des Sprosses in Abständen von drei zu drei englischen Linien mittelst eines Lineals, welches in den bezeichneten Abständen mit Nadeln besetzt war, die behufs Bezeichnung des Sprosses in Farbe getaucht worden waren.

Auch Pflanzen mit krautigen Stengeln zeigten ein ähnliches, ungleichmässiges, aber gesetzmässig sich steigerndes Wachsthum, z. B. *Helianthus*. Als Ursache des stärkeren Wachsthums der oberen Stengelglieder eines Sprosses sieht Hales die relative Grösse der Blätter und die höhere Temperatur, welche bei ihrer Entwicklung herrschte, an.[1]

Etwa 30 Jahre später veröffentlichte Duhamel du Monceau[2] seine berühmte Naturgeschichte der Bäume. Auch er fand, dass die Stengel ungleichmässig wachsen und zwar am oberen Ende stärker als am unteren und hebt bereits den wichtigen Unterschied, welcher im Wachsthum der Stengel und Wurzeln besteht, hervor: Die Wurzeln wachsen nur an ihrem Ende, die Stengel, so weit sie noch unverholzt sind, ihrer ganzen Länge nach. Er beruft sich auf die Hales'schen Versuche und bestätigt dieselben. Das Wachsthum der Stengelglieder wird nach seinen Beobachtungen durch den Eintritt der Verholzung sistirt. Durch mehrfache Beobachtungen constatirt er, dass ein verholzter Stamm oder ein verholztes Stengelglied nicht mehr wächst und während der Entwicklung der jüngsten Triebe das Längenwachsthum der vorjährigen stille steht. Nach seinen Beobachtungen soll der Blüthenschaft der Hyacinthe in der Mitte am schwächsten, am stärksten an seinen beiden Enden wachsen. Auch er benützt zur Feststellung der Wachsthumsverhältnisse eine Markirung der betreffenden Organe, die er entweder durch Auftragen der Farbe oder Befestigung gefärbter Wollfäden oder endlich durch Einführen feiner Silberdrähte bewerkstelligte.

---

1 Deutsche Übersetzung der „Statik", Halle 1748, S. 186.

2 Naturgeschichte der Bäume, deutsche Übersetzung von Schöllenbach, Nürnberg 1764—65, Bd. I, S. 105, Bd. II, S. 11 und 36.

Später hat Cotta[1] Versuche über das Wachsthum der Stengel angestellt, förderte aber kein neues Resultat zu Tage. Als Versuchspflanze diente die auch schon von Duhamel benützte Rosskastanie. Auch in methodischer Beziehung enthielten seine auf Wachsthum Bezug nehmenden Arbeiten nichts Neues.

Die bald darauf erschienene Schrift von Ch. F. Meyer: „Naturgetreue Darstellung der Entwicklung, Ausbildung und des Wachsthums der Pflanzen"[2] enthält einige neue, bemerkenswerthe Daten. Zunächst bestätigt er die bis dahin in Bezug auf das Wachsthum der Stengel bekannten Angaben. Weiter aber zeigt er, dass es Pflanzen gibt, deren Internodien nicht an ihrem oberen, sondern an ihrem unteren Ende am längsten wachsen, z. B. die Gräser und andere Gewächse, deren Stengel mit Knoten versehen sind.

Ausdrücklich bemerkt er, dass das Längenwachsthum hauptsächlich in den jüngsten Trieben und zwar in dem der Endspitze zunächst befindlichen Theile stattfinde. Diese von späteren Autoren oftmals reproducirte Angabe verdient desshalb hervorgehoben zu werden, weil gegen die älteren Botaniker jüngst der Vorwurf erhoben wurde, „sie hätten in geradezu unbegreiflicher Gedankenlosigkeit den Vegetationspunkt und speciell den Scheitel desselben für den Ort des ausgiebigsten Längenwachsthums gehalten".[3]

Des zuletzt genannten Autors Angabe über das am Grunde der Internodien relativ am längsten anwährende Wachsthum der Internodien mancher Pflanzen wird von Cassini[4] bestätigt, auf Grund von mit *Ephedra* und Coryophyllaceen angestellten Beobachtungen. Er ist geneigt, allen Stengelgliedern ein basiläres Wachsthum zuzuschreiben und als Ursache desselben die schon von Hales angenommene Wirkung des zum Internodium gehörigen Blattes anzusehen.

---

[1] Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes. Weimar 1806.

[2] Leipzig 1808.

[3] s. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1882, S. 662.

[4] Mémoire sur la Phytotomie. Journal de Phys. 1821. Citirt nach De Candolle's Organographie. Deutsche Übersetzung von Röper. p. 173.

E. Meyer[1] knüpft an Duhamel's Beobachtungen an und constatirt für Nelken und Narcissen das Vermögen der Internodien am unteren Ende, aber von oben nach unten zu wachsen. Die Beobachtungen seiner beiden Vorgänger scheinen ihm nicht bekannt gewesen zu sein, was unter Anderem auch daraus hervorgeht, dass er über die Wachsthumsweise der Internodien krautiger Pflanzen die ersten Beobachtungen anzustellen vermeint, während bereits Cassini, namentlich aber Ch. F. Meyer mit zahlreichen annuellen Pflanzen (*Phaseolus, Pisum, Cucumis*), ferner mit *Solanum tuberosum* experimentirte.

Bei E. Meyer finden wir die indess auch von früheren Autoren berührte Thatsache betont, dass an den Sprossen die Internodien nach oben an Grösse zunehmen, ein Maximum erreichen und dann wieder an Grösse abnehmen.

Die nächstfolgenden, auf Wachsthum Bezug nehmenden Beobachtungen von Link[2] können nur als Bestätigungen älterer, bereits mitgetheilter Angaben angesehen werden; Ohlert's[3] bekannte Arbeit über die Entwicklung und Function der Wurzel verdient aber Erwähnung, obgleich dieselbe sich nur mit der Wachsthumsweise der letzteren und nicht der Stengel beschäftigt. Bezüglich des Wurzelwachsthums constatirt der Autor dasselbe, was rücksichtlich der Stengel schon von F. Ch. Meyer angegeben wurde, dass nicht an der Spitze selbst, sondern hinter derselben der Ort des Wachsthums sich befinde.[4] Die Beobachtungen Duhamel's über das Wurzelwachsthum scheinen ihm unbekannt gewesen zu sein.

Die unserem Gegenstande gewidmeten gleichzeitigen und bald darauffolgenden Beobachtungen und Angaben in den bekannten Werken von Treviranus, Meyer und Schleiden mögen übergangen werden, da dieselben nichts Neues enthielten.

---

[1] Die Metamorphose der Pflanzen und ihre Widersacher. Kritische Blätter von Ernst Meyer. Linnaea. Bd. VII. 1832. S. 401 ff.

[2] Elem. phil. bot. Ed. II. Tom. I. p. 288.

[3] Einige Bemerkungen über die Wurzelfasern der höheren Pflanzen. Linnaea. Bd. XI. 1837. p. 609 ff.

[4] l. c. p. 716.

Die bis zum Ende der Dreissiger Jahre angestellten Untersuchungen über das Wachsthum der Stengel und Stengelglieder lassen sich in folgende Hauptpunkte zusammenfassen:

1. An den Sprossen nehmen die Internodien von unten bis zu einem Maximum an Grösse zu und dann gegen die Spitze ab.

2. Das Wachsthum der jüngsten Internodien erfolgt unterhalb der Vegetationsspitze.

3. Die Internodien wachsen ungleichmässig; es ist entweder das obere oder das untere Ende, an welchem das Wachsthum am stärksten ist und am längsten anwährt. —

Im Beginne der Vierziger-Jahre erschienen drei Untersuchungen über das Wachsthum der Pflanzenstengel, von denen jede zur Förderung unserer Kenntnisse beitrug. Münter[1] versucht zu beweisen, dass auch Pflanzenstengel existiren, welche wenigstens in einem bestimmten Entwicklungszustande gleichmässig wachsen, ferner, dass an den Stengelgliedern von *Phaseolus multiflorus* die Zone des stärksten Zuwachses vom Grunde des Internodiums nach oben fortschreitet und dass in den einzelnen Internodien und deren Zonen das Wachsthum erst zu- und nach Erreichung eines Maximalwerthes abnimmt. So richtig die letztgenannte Beobachtung, so wenig sicher ist wegen Unvollkommenheit der Methode die erste. Während nach Duhamel der Blüthenstiel der Hyacinthe am oberen und unteren Ende verstärkt wachsen soll, gibt Münter an, dass das Wachsthum dieses Stengels von unten nach oben ansteige.

Harting[2] stellte seine Untersuchungen am Hopfen an und fand, dass immer die zwei bis drei oberste Internodien gleichzeitig in Längenzunahme begriffen sind, ferner, dass die ganze Pflanze

---

[1] Observationes phytophysiologicae. Linnaea. T. XV. 1841. Ferner Botan. Zeitung, 1843.

[2] Tydschrift vor natuurlyke geschiedenis en Physiologie. T. 9. p. 299 ff. Da es sich in dieser Abhandlung nur um das Wachsthumsgesetz der Internodien und nicht um die Beeinflussung desselben durch äussere Agentien handelt, so wird auf die diesen letzteren Gegenstand betreffenden Resultate der Harting'schen Arbeit hier nicht eingegangen.

mit kleinen Zuwächsen beginnt, welche sich steigern und nach Erreichung eines maximalen Werthes abnehmen und endlich auf Null sinken. Weder die Beschleunigung, noch die nach Erreichung des Maximums eintretende Verminderung des Wachsthums wird durch äussere Einflüsse bedingt.

Was Münter für das einzelne Internodium und Abschnitte desselben zahlenmässig feststellte, constatirte mithin Harting auch bezüglich der ganzen Pflanze. Nach Harting sollen die unteren Theile der Stengelglieder des Hopfens am stärksten wachsen.

Die dritte werthvolle Arbeit über das Wachsthum der Stengel aus der genannten Zeit rührt von Grisebach[1] her. Ausser den beiden schon bekannten Wachsthumstypen der Stengelglieder (Internodien mit verstärktem Wachsthum am oberen und unteren Ende) führt er noch zwei andere an; nämlich Stengelglieder, welche der ganzen Länge nach gleichmässig wachsen und solche, bei welchen am oberen oder unteren Ende Wachsthum durch Streckung schon gebildeter Zellen oder durch Neubildung von Zellen eingeleitet werde, indem sich an den genannten Stellen gewissermassen neue Zonen einschieben (Internodien mit intercalarem Wachsthum). Gewöhnlich ordnen sich die Internodien nicht strenge einem dieser Typen unter; vielmehr combiniren sich dieselben in mannigfacher Weise und es kann im Laufe der Entwicklung sich die Wachsthumsweise ändern. Sehr bemerkenswerth sind Grisebach's Angaben über die Änderung in der Wachthumsperiode der Caryophylleen. Hier sind drei Perioden zu unterscheiden: Anfänglich wächst das Stengelglied gleichmässig, dann am unteren, später am oberen Ende; ausserdem findet an einem der Enden, gewöhnlich am unteren Theile intercalares Wachsthum statt.[2] Letzteres ist in bestimmten Entwicklungsstadien der Stengelglieder mancher Pflanzen sehr beträchtlich und beruht in diesen Fällen sichtlich auf Neubildung von Zellen. So z. B. constatirte Grisebach[3], dass das zweite unterhalb des

[1] Beobachtungen über das Wachsthum der Vegetationsorgane in Bezug auf Systematik. Archiv für Naturgeschichte. Neunter Jahrgang. Berlin 1843. Bd. I. p. 267 ff.

[2] l. c. p. 278.

[3] l. c. p. 270 ff.

Blüthenstandes gelegene Internodium von *Astrantia major* vom 30. Juni bis 6. Juli von 84 auf 108 Linien sich verlängerte, wobei sich der ganze Zuwachs von 24 Linien am oberen Ende des Stengelgliedes gewissermassen einschob. Aber auch in anderen Fällen, wo die intercalare Schichte beträchtlich geringere Höhe aufwies, constatirte Grisebach die Neubildung von Zellen und zwar durch direct mikroskopische Beobachtung.

Der Autor stellt eine Reihe von Typen auf: je nachdem die Stengelglieder gleichmässig [1] oder ungleichmässig, im oberen oder im unteren Theile des Internodiums oder in beiden verstärkt wachsen, intercalares Wachsthum sich zu diesen Wachsthumsweisen gesellt oder nicht, und ist geneigt, anzunehmen, dass diese Typen ganze Pflanzenfamilien beherrschen. Doch ist die Zahl der von ihm angestellten Beobachtungen zu gering, als dass man seiner Ansicht beipflichten könnte. Er hat im Ganzen nur 20 auf 18 Pflanzenspecies Bezug nehmende Versuchsreihen angeführt.

Auch in methodischer Beziehung enthält Grisebach's wichtige Untersuchung einen Fortschritt. Zur Markirung der Stengelglieder benützt er nämlich ein zweckmässiges, rasch zum Ziele führendes Instrument, das Auxanometer. Dasselbe ist ein Metallrädchen mit gezahntem Rande, welches sich um seine Axe leicht bewegt und durch einen Handgriff geführt wird. Die Entfernung von einem Zahne zum andern beträgt genau eine Linie. Die nicht zu scharfen Zähne des Rades werden mit Buchdruckerschwärze belegt. Längs des Stengels bewegt, zeichnet das Rädchen rasch und genau den Massstab.

In einer späteren Arbeit wies Münter [2] neuerdings das nach oben fortschreitende Wachsthum der Internodien nach und zwar für *Dahlia variabilis*, und constatirte ferner, dass an dieser Pflanze immer 3—4 Internodien gleichzeitig im Wachsthum begriffen sind,

---

[1] Gleichmässiges Wachsthum hat gleichzeitig mit Münter auch Gaudichaud angegeben (Recherches générales sur l'organographie etc. Paris, 1841). Die hierauf bezügliche am hypocotylen Gliede von *Raphanus sativus* angestellte Beobachtung, der zufolge der 6 Linien lange Stengel unter völlig gleichmässigem Wachsthum auf's Doppelte sich verlängern soll, ist, wie meine Beobachtungen zeigen werden, gewiss unrichtig.

[2] Botan. Zeitung, 1843. p. 69.

wodurch die zuerst von Harting angestellte, oben mitgetheilte Beobachtung über das Verhalten der obersten Internodien eines Sprosses während des Wachsthums ihre Bestätigung findet. Dass die Internodien des Hopfens am unteren Ende wachsen, wird von Münter bestritten. Über das Wachsthum der Hopfenstengel folgen unten meine eigenen Beobachtungen, welche zu Gunsten der Münter'schen Angaben sprechen.

Die Internodien von *Dahlia* weichen nur insofern vom gewöhnlichen Typus der Dicotylen (z. B. *Phaseolus*) ab, als die obersten Zonen wohl am längsten, nicht aber am stärksten wachsen.

Ferner constatirte dieser Forscher, dass das Blatt von dem Internodium, dem es zugehört, völlig unabhängig sich entwickelt. Das Internodium beschliesst früher als das Blatt sein Längenwachsthum. Das obere Ende eines Internodiums kann noch in die Länge wachsen, während die Blattstielbasis ihre Verlängerung schon eingestellt hat. Auch die Blüthenstiele der Hyacinthe zeigen ein von dem sie tragenden Blüthenschafte unabhängiges Wachsthum. Erst nach Beendigung des Längenwachsthums der Blüthenstiele öffnete sich die Blüthe.

Was Münter in seiner älteren Abhandlung nur in Zahlen ausdrückte, spricht er in dieser[2] in einem Satze aus, dass nämlich unabhängig von der täglichen durch äussere Einflüsse bedingten Zu- und Abnahme des Wachsthums ein Rhythmus in der Längenentwicklung der Pflanzentheile stattfindet, „nämlich eine Zunahme, Höhe und Abnahme der Wachsthumsintensität“. Damit wurde jenes Wachsthumsgesetz, welches man heute mit dem Namen der grossen Periode bezeichnet, auf das Klarste und Bestimmteste ausgedrückt.

Auch Harting[3] hat einige Jahre nach seiner oben mitgetheilten Arbeit noch einige wichtige Beiträge zur Kenntniss der Wachsthumsgesetze der Pflanzentheile veröffentlicht. Er beobachtete an der Linde (*Tilia parvifolia*), dass die sechs obersten Internodien in gleichzeitigem Wachsthum begriffen sind. Aus den Zuwächsen geht gleichfalls mit aller Klarheit die sogenannte

---

[1] l. c. p. 75.

[2] l. c. p. 125.

[3] Tydschrift vor natuurlyke geschiedenis etc. 1844. XI. p. 229—335.

grosse Periode hervor. Durch eine grosse Zahl von mikroskopischen Messungen wird bewiesen, dass der Antheil, welchen die Gewebe an dem Aufbaue der (ausgewachsenen) Internodien nehmen, in einem ganzen Sprosssystem constant ist und dass auch die mittleren Dimensionen der ausgewachsenen Zellen der gleichen Gewebeart constant sind, so dass also nicht die Grösse, sondern die Zahl der aufbauenden Elemente für die Länge des Internodiums massgebend ist. Nur im Knospenzustande entstehen in den Internodien die Zellen nach radialer, tangentialer und axialer Richtung; verlässt das Internodium den Knospenzustand, so erfolgt keine Vermehrung der Zellen nach radialer, sondern nach den beiden andern Richtungen. Während in den ausgewachsenen Stengelgliedern die Zellen gleicher Art in den Dimensionen übereinstimmen, nehmen in noch wachsenden die Zellen von unten nach oben an Grösse ab. Harting's Resultate stützen sich auf Versuche, welche mit folgenden Pflanzen vorgenommen wurden: *Tilia parvifolia*, *Phytolacca decandra*, *Sempervivum arboreum*, *Aristolochia Sipho* und *Humulus Lupulus*.

Nunmehr trat in der Erforschung der Wachsthumsgesetze eine lange Pause ein, die mehr als ein Vierteljahrhundert währte. Die Vierziger und Fünfziger-Jahre waren ja, wie bekannt, für die Pflanzenphysiologie sehr unfruchtbar; in dieser Zeit waren die geistigen Kräfte der Botaniker auf das Studium der Entwicklungsgeschichte gerichtet. Und auch im ersten Decennium der neuen pflanzenphysiologischen Aera ruhte die Frage über die Wachsthumsweise der Pflanzenorgane fast gänzlich und nur die Beeinflussung der Wachsthumsintensität durch äussere Kräfte erfuhr durch die Untersuchungen von Caspary und Rauwenhoff eine genauere Prüfung.

Auf einige interessante Beispiele als Belege für die von Grisebach aufgestellten Wachsthumstypen der Internodien, welche Hofmeister in seiner allgemeinen Morphologie [1] bekannt gegeben, soll indess hier noch kurz hingewiesen werden. Die Stengelglieder von *Cyanotis zebrina* wachsen wie die der Grami-

---

[1] Leipzig, 1868. p. 419—420.

neen anfänglich gleichmässig und dann intercalar an der Basis. Die längsten im Pflanzenreiche vorkommenden Internodien erhalten ihre ausserordentlichen Dimensionen durch intercalares Wachsthum. Das unterhalb der Infloresceuz von *Molinia caerulea* gelegene Stengelglied ist nach Aufhören des gleichmässigen Wachsthums 1·3 Mm. lang und streckt sich dann um das Tausendfache, wobei schätzungsweise nur $^{1}/_{100}$ auf Dehnung der Zellhäute und $^{99}/_{100}$ auf intercalares Wachsthum kommen. Das homologe Stengelglied erreicht bei *Gynerium argenteum* eine Länge von 2 Met. und bei *Arundinaria Schomburgkii* (Schomburgk in Linn. Trans. 1841, 559) über 5 Met.

Die zweite Periode in der Erforschung des Wachsthums der Organe, welche in der Mitte der Vierziger-Jahre abschliesst, hatte mithin, wenn von allem minder Wesentlichen, Zweifelhaften und Controversen abgesehen wird, folgende neue Resultate bezüglich der Wachsthumsweise der Stengel zu verzeichnen:

1. Auffindung der sogenannten grossen Periode und zwar sowohl für ganze Pflanzen und Sprosse, als auch für das einzelne Internodium.

2. Das Wachsthum der Stengelglieder kann auch durch intercalare, an der oberen oder unteren Internodiumsgrenze vor sich gehende Zellbildung gefördert werden.

3. Im Laufe des Längenwachsthums wechseln die Zonen stärksten Zuwachses und steigen gewöhnlich von unten nach aufwärts.

4. Die Zellvermehrung wachsender Internodien erfolgt in longitudinaler und tangentialer Richtung.

5. Das Wachsthum der Internodien beruht zum Theile auf Neubildung von Zellen, zum Theile auf Streckung schon vorhandener Zellen. —

Erst im Anfange der Siebziger-Jahre begegnen wir auf dem Gebiete der Physiologie des Wachsthums neuen förderlichen Arbeiten. Es sind die beiden bekannten Abhandlungen von Sachs über den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichtes auf das Längenwachsthum der Internodien[1] und „über

[1] Arbeiten des bot. Instituts zu Würzburg. Bd. I, p. 99—192 (aus dem Jahre 1871).

Wachsthum und Geotropismus aufrechter Stengel".[1] Unter allen bisher über die Wachsthumsweise der Pflanzenorgane veröffentlichten Arbeiten haben die beiden genannten wohl die grösste Wirkung ausgeübt und zur Kenntniss der wichtigen einschlägigen Thatsachen am meisten beigetragen. Es ist aber mehr die Klarheit der Darstellung und die Einführung passender Kunstausdrücke als neue Auffindungen, durch welche der Autor wirkte.

In der erstgenannten Arbeit wird bezüglich der Vertheilung der Wachsthumsintensität im Internodium nur eine Pflanze geprüft und auch in Betreff dieser nur eine einzige Beobachtungsreihe mitgetheilt. Dieselbe bezieht sich auf ein im Beginne des Versuches bereits 42 Mm. hohes Epicotyl von *Phaseolus multiflorus*, welches in 12 gleiche Zonen von 3·5 Mm. Höhe getheilt und bis zur Beendigung des Wachsthums täglich einmal gemessen wurde. Es stellte sich heraus, dass das Wachsthum zuerst am Grunde erlosch und sich bis zu einer der obersten Internodiumsgrenze nahegelegenen Zone immer mehr steigerte und von da wieder abnahm und dass das ganze Stengelglied, aber auch jede Zone anfangs mit zunehmender und nach Erreichung eines Maximums mit abnehmender Geschwindigkeit wuchs. Diese gesetzmässige Zu- und Abnahme der Wachsthumsintensität bezeichnete Sachs als grosse Periode. Wie schon oben mitgetheilt wurde, war dieselbe bereits durch Harting und Münter dargelegt worden. Sachs hat in Bezug auf die nähere Kenntniss derselben nur das Verdienst, dass er — was indess auch aus den Zahlen Münter's und anderer älterer Beobachter sich ergibt — die sogenannte grosse Periode nicht nur für das ganze Internodium und ganze Sprosse, sondern für jede wachsende Zone der Internodien nachwies. Die Methode, mittelst welcher Sachs die Vertheilung der Wachsthumsintensität im Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* bestimmte, war nicht genauer als die von seinen Vorgängern angewendete. Er fand desshalb auch nicht mehr, als bereits bekannt war. Hätte er ein in noch jüngerem Entwicklungsstadium befindliches Stengelglied der Schminkbohne zu seinen Versuchen genommen und nach feinerer Methode gearbeitet, so würde ihm gewiss nicht entgangen sein, dass, wie weiter unten dargelegt werden wird, jedes Epicotyl

[1] Flora, 1873. p. 321 ff.

von *Phaseolus*, so lange es nutirt, zwei Wachtsthumsmaxima aufweist. Er hat gleich seinen Vorgängern nur ein Maximum constatirt.

Die erste der beiden Abhandlungen enthält noch zahlreiche Beobachtungen über die grosse Periode des Längenwachsthums, die aber mit ganzen Pflanzen oder Sprossen angestellt wurden, die desshalb über die Vertheilung der Wachsthumsintensität in den einzelnen Organen nichts lehren konnte, ferner sehr werthvolle Auffindungen über die Beeinflussung des Längenwachsthums durch äussere Einflüsse, mit denen wir uns in dieser Abhandlung nicht beschäftigen, und die desshalb hier unbesprochen bleiben müssen.

In der zweiten Abhandlung erörtert Sachs ausser der grossen Periode noch die Lage und Länge der wachsenden Region der Stengel, bringt aber fast nur eine Bestätigung der bereits durch seine Vorgänger ermittelten Thatsachen. Neu sind blos folgende zwei Beobachtungen. Während an einigen Beobachtungspflanzen (*Cephalaria procera*, *Polygonum Siboldii*, *Valeriana Phu*, *Dipsacus fullonum*), so wie dies von Harting bezüglich der Hopfenpflanze und von Münter für die Georginensprosse erwiesen wurde, einige wenige Stengelglieder (3—6) in gleichzeitigem Wachsthum sich befinden, wachsen bei *Asparagus asper* viele Internodien (die Zahl derselben wird nicht angegeben) gleichzeitig. Homologe Internodien nahe verwandter Pflanzenarten können sich bezüglich der Wachsthumsweise verschieden verhalten; so findet sich bei den Blüthenschäften von *Allium atropurpureum* Gipfelwachsthum, bei denen von *A. Cepa* Basalwachsthum vor, eine Beobachtung, welche wohl nicht zu Gunsten der von Grisebach aufgestellten Meinung, dass Pflanzen der gleichen Familien bezüglich der Wachsthumsweise der Internodien übereinstimmen dürften, spricht.

Eine Arbeit N. J. C. Müller's[1] über die Wachsthumserscheidungen der Wurzeln, soll hier nur der angewendeten Methode wegen berührt werden. Die zu messenden Wurzeln wurden in der üblichen Weise mit Farbe markirt und dann in cylindrischen Glasbehältern cultivirt, an deren Wänden ein Coordinatensystem

---

[1] Bot. Zeitung, 1871, p. 693.

aufgetragen war, worauf die Ablesung mittelst eines Kathetometers erfolgte.

Th. Rzentkowsky[1] untersuchte das Wachsthum eines etiolirten *Phaseolus multiflorus*. Bezüglich des Wachsthums der Stengelglieder enthält seine Arbeit nichts Neues. Von Interesse ist nur die Beobachtung, dass das Wachsthum des Blattes von jenem des zugehörigen Internodiums abhängig sei und je stärker das letztere wächst, desto schwächer ist das Wachsthum des ersteren; er fand also eine mit der oben mitgetheilten correspondirenden Beobachtung Münter's nicht übereinstimmende Thatsache.

Einige in methodischer Beziehung sehr unvollkommene Beobachtungen stellte Bennet[2] über das Wachsthum von *Vallisneria spiralis* und *Hyacinthus orientalis* an. Der weibliche Blüthenschaft der ersteren wurde in 12 gleiche Theile getheilt und nach einiger Zeit gefunden, dass der Zuwachs der beiden obersten Zonen über 200, jener der übrigen blos 10—144 Proc. betrug. Den Blüthenschaft der Hyacinthe theilte er in vier gleiche Theile. Die unterste Zone verlängerte sich um mehr als 700, die beiden folgenden um 150, die oberste um 228 Proc. Dieses Resultat stimmt mit einer älteren Beobachtung Duhamel's, nicht aber mit den viel genaueren, von Münter angestellten und oben mitgetheilten Messungen überein.

Es erschien nun eine Abhandlung von J. W. Moll[3], welche mehrere wichtige, neue Resultate enthielt. Der Ideengang seiner Untersuchung schliesst sich enge an jenen an, welcher Harting's zuletzt mitgetheilte Arbeit beherrschte. Auch er versuchte, die Beziehung der Zelltheilung und Zellstreckung zum Wachsthum der Internodien festzustellen. Seine Resultate harmoniren nur zum Theile mit jenen Harting's. Wohl stimmen die durchschnittlichen Längen der der gleichen Gewebsart angehörigen Zellen eines ausgewachsenen Internodiums im grossen Ganzen überein, so dass, wie dies Harting behauptete, die Länge des

---

[1] Mittheilungen der Universität Warschau 1875. Nach einem Referate im Just'schen botanischen Jahresberichte, IV., 1876, p. 745.

[2] Transact. of the Linnean Soc. Ser. 2. Vol. 1.

[3] De invloed van celdeeling en celstrecking op den groei. Utrecht 1876.

Internodiums nicht von der Zellenlänge, sondern von der Zahl der constituirenden Zellen abhängt; es ergeben sich aber selbst im ausgewachsenen Internodium bezüglich der an verschiedenen Stellen desselben vorkommenden Zellen Unterschiede. Es liegen nämlich an den Knotengrenzen der Stengelglieder kleinere Zellen als in der Mitte. In noch wachsenden Sprossen gibt sich eine Relation zwischen Länge und Lage der Zellen zu erkennen. Es nimmt nämlich die Länge derselben von der Basis des Sprosses bis zu dessen Spitze ununterbrochen ab.

Aus allen seinen Beobachtungen zieht Moll folgende Schlüsse: Die „Längenperiode der Internodien" (d. i. die gesetzmässige Zu- und Abnahme der Länge der einen Spross constituirenden Stengelglieder) ist eine Folge der Zelltheilung, hingegen die „grosse Periode" (Ansteigen und Fallen der Zuwächse eines Internodiums) eine Folge der Zellstreckung.

Die zu Moll's Untersuchungen dienenden Gewächse waren: *Acer Pseudoplatanus*, *Aesculus Hippocastanum* und *pallida* Spach, *Fraxinus excelsior* und *Sambucus nigra*, ferner *Tilia parvifolia*, welch' letztere auch zu Harting's Versuchen diente.

Eine der umfassendsten Untersuchungen über die Wachsthumsweise der Stengel verdanken wir Askenasy[1]. Er fand, dass bei den von ihm untersuchten, mit zahlreichen Blattwirteln versehenen Wasserpflanzen eine grosse Zahl von Internodien gleichzeitig wächst, so z. B. bei *Myriophyllum* 25—30, bei *Elodea canadensis* 40—50; bei *Hippuris vulgaris* hört vielleicht, sagt der Autor[2], das Wachsthum eines Stengelgliedes nie ganz auf, so lange die Pflanze lebt.

Auch an mancher Landpflanze beobachtete Askenasy eine grössere Zahl gleichzeitig wachsender Internodien, z. B. bei *Galium Mollugo* und *Aristolochia Sipho* 8—10.

Bezüglich der relativen Länge der Stengelglieder eines Sprosses bringt Askenasy eine, so viel mir bekannt, früher noch nicht constatirte Thatsache, dass nämlich in manchen

---

[1] Über eine neue Methode, um die Vertheilung der Wachsthumsintensität in wachsenden Pflanzentheilen zu bestimmen. Verhandlungen des naturhist. medicinischen Vereines in Heidelberg. Bd. II. 1878.

[2] l. c. Sep.-Abdr. p. 41.

Fällen die basalen Internodien am längsten sind. So z. B. bei den oberen Seitenästen von *Galium Mollugo.*[1]

Die Lage der Zonen stärksten Zuwachses, überhaupt die Vertheilung der Wachsthumsgeschwindigkeit in den verschiedenen Zonen eines Organes ist von der Temperatur unabhängig.[2] Specielle, die Internodien betreffende, diesbezügliche Beobachtungen werden nicht angeführt, hingegen mitgetheilt, dass Maiswurzeln innerhalb der Versuchstemperaturen (10—25° C.) keinerlei Verschiebung der Zonen stärksten Zuwachses zu erkennen geben.

Askenasy beschäftigt sich in der genannten Arbeit hauptsächlich mit der Ermittlung der grossen Periode und benützt dazu eine eigene Methode, die indess nur für solche Pflanzen anwendbar ist, welche ein lange andauerndes und unbegrenztes Wachsthum besitzen, bei denen ferner eine grosse Zahl von Internodien gebildet wird. Letztere haben in den genannten Fällen eine annähernd gleiche Länge und gerade auf diesen Umstand gründet Askenasy seine Methode, welche begreiflicher Weise nur eine beschränkte Anwendung finden kann, da ja in der Regel die Internodien der Sprosse an Grösse zunehmen und nach Erreichung eines maximalen Werthes gegen die Vegetationsspitze abnehmen; auch kann diese Methode nur zur Bestimmung der Vertheilung der Wachsthumsintensität in ganzen Sprosse und nicht, worauf es uns zunächst ankömmt, im einzelnen Internodium dienen. Der Vortheil der Methode liegt darin, dass die Ermittlung der grossen Periode selbst an ganz jungen Internodien vorgenommen werden kann, welche eine Bestimmung durch die gewöhnliche Markirungsmethode nicht zulassen. Über diese Methode und deren Resultate werde ich erst in jenem Theil meiner Untersuchungen berichten, welche der grossen Periode gewidmet sein werden, wo auch der anderen einschlägigen Methoden — so weit es zur Darlegung der geschichtlichen Entwicklung unseres Gegenstandes nothwendig erscheint — gedacht werden soll.

Es sei noch bemerkt, dass Askenasy aus der Zellenlänge auf die Vertheilung der Wachsthumsintensität im Internodium zu

---

[1] l. c. Sep. Abdr. p. 24.

[2] l. c. Sep. Abdr. p. 78 im Text und Anmerkung.

schliessen versuchte. Er ging dabei von folgendem Gedanken aus. Wenn alle Meristemzellen des Vegetationskegels oder doch wenigstens bestimmte Zellgruppen des Meristems gleiche Grösse besitzen, so könnte man aus den Dimensionen, welche die aus solchen Meristemzellen hervorgegangenen Dauerelemente annehmen, auf die Wachsthumsweise des betreffenden Organs schliessen. Einige mit Wurzeln angestellte Beobachtungen liessen den Autor vermuthen, dass die Meristemzellen, wenn sie aufhören, sich zu theilen, eine ungleiche Länge besitzen, mithin diese Methode wenigstens in dem genannten Falle zur Ermittlung der „Anordnung der Wachsthumsintensität" nicht angewendet werden können.[1] Andere Fälle hat aber der Autor nicht in den Bereich seiner Betrachtung gezogen.

Die von Grisebach, Münter und Hofmeister herrührende Angabe, dass die Internodien anfänglich gleichmässig wachsen, hält Askenasy, und gewiss mit Recht, nicht für bewiesen.

In meiner Untersuchung über undulirende Nutation veröffentlichte ich die Beobachtung, dass Internodien existiren, welche in einer bestimmten Entwicklungsepoche zwei Wachsthumsmaxima zu erkennen geben.[2] Es sind dies jene Stengelglieder, welche die genannte Wachsthumserscheinung darbieten. Alle von mir in dieser Beziehung untersuchten, in undulirender Nutation begriffenen Internodien (Keimstengel von *Phaseolus multiflorus*, *Soja hispida*, *Vicia Faba* und *Pisum sativum*) gaben das gleiche Resultat; so lange sie noch nutirten, lag ein Wachsthumsmaximum im unteren, nahezu aufrechten, das zweite im oberen gekrümmten mit der Spitze nach abwärts weisenden Theile des Internodiums.

Diese Thatsache fand ich gelegentlich auf. Es handelte sich bei der genannten Untersuchung, die Wachsthumsgrösse an Vorder- und Hinterseite der Stengelglieder zu bestimmen. Ich musste, um die wachsenden Regionen im Internodium zu finden, die Markirungsmethode anwenden und dabei fielen mir die beiden Wachsthumsmaxima auf. Dass Sachs bei seinem Studium über die Vertheilung der Wachsthumsintensität im Epicotyl von *Phaseolus*

---

[1] Sep. Abdr. p. 84 und 85.

[2] Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. 77. I. Abth. Jan. 1878.

multiflorus nur ein Maximum sehen konnte, geht aus der Rohheit seiner Versuchsanstellung hervor, wie schon oben angedeutet wurde; hätte er jüngere Stengelglieder zum Versuche genommen und feiner markirt, so wäre ihm das zweite Maximum nicht entgangen.

Neuestens hat Wortmann[1] Studien über das Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* veröffentlicht, worin er angibt, dass dasselbe vom Anfang bis zum Ende in der von Sachs angegebenen Weise sein Wachsthum regle. Seine Versuche sind in gleicher Weise roh angestellt wie die Sachs'schen und konnten selbstverständlich das von mir angegebene zweite Maximum nicht oder doch nicht unzweideutig zur Anschauung bringen.[2]

Die jüngste Arbeit über die Wachsthumsweise der Stengel rührt von L. Macchiati[3] her. Seine Beobachtungen beziehen sich auf *Lonicera chinensis*. Hier soll der merkwürdige Fall vorliegen, dass, unabhängig von äusseren Einflüssen, die ersten Internodien an Länge zu- und dann abnehmen und neuerdings zunehmen, bis sich am Ende des Sprosses wieder allmälige Abnahme der Stengelglieder einstellt. Die Internodien sind in Folge ungleichmässigen Wachsthums gekrümmt (sie nutiren), zeigen aber sonst nichts Auffälliges. Sie wachsen, wie die der meisten Pflanzen an ihrem oberen Ende am längsten. Anfänglich ist nach Angabe des Autors das Wachsthum ein gleichmässiges.

Die vorstehend mitgetheilte historische Darstellung gibt ein Bild von der langsamen und vielfach unterbrochenen Entwicklung der Kenntnisse über die Wachsthumsweise der Stengel. Überblickt man die gewonnenen Resultate, so erkennt man zunächst auffällige Lücken. Um nur auf Eins aufmerksam zu machen: unterirdische Stengelglieder, deren Wachsthumsweise auch vom biologischen Standpunkte aus zu kennen wünschenswerth wäre, sind bisher in dieser Beziehung nie untersucht worden. Unser Wissen über die Wachsthumsgesetze der einer solchen Unter-

[1] Bot. Zeitung 1882. Nr. 52.

[2] Vgl. noch bot. Zeitung 1883. Nr. 5, 9 und 27.

[3] Sull' accrescimento intercalare della *Lonicera chinensis* Wats Nuovo Giorn. bot. Ital. XV. 1883. p. 97—110.)

suchung wohl am meisten zugänglichen Stengel sind aber nicht nur höchst fragmentarische und unsichere, sondern weisen auch mehrfache Widersprüche auf.

Auch die bisher fast allgemein angewendeten Methoden der Untersuchung sind weit entfernt davon, vollkommen zu sein, wie unter Anderem aus der Thatsache hervorgeht, dass weder Sachs noch Wortmann bei Prüfung der Wachsthumsweise des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus* das zweite von mir nach einer etwas verfeinerten Methode ganz gelegentlich gefundene Wachsthums-maximum gesehen haben und nur das bestätigen konnten, was nahezu 30 Jahre früher schon Münter gefunden hatte.

Alle angeführten Umstände rechtfertigen wohl meinen Plan, eine möglichst genaue systematische Prüfung des Stengelwachsthums durchzuführen. Zuerst soll die Wachsthumsweise der Internodien, dann die ganzen Sprosse untersucht werden. Es lässt sich bei einer planmässigen, auch auf die biologische Aufgabe der Sprossformen Rücksicht nehmenden Untersuchung erwarten, dass sich Momente zur Erklärung der Erscheinungen und wohl auch Beziehungen zwischen dem Wachsthumsgesetze und der Function dieser Organe werden auffinden lassen.

Die in den nachfolgenden Blättern niedergelegte Untersuchung stützt sich auf ungefähr 400 Versuchsreihen, welche zum grössten Theile von Herrn Richard v. Wettstein ausgeführt wurden.

In der vorliegenden Abhandlung sollen die nutirenden Stengelglieder, welche, abgesehen von meiner oben genannten gelegentlichen Untersuchung, noch keine Berücksichtigung gefunden haben, obwohl ihr merkwürdiger und augenfälliger Wuchs zur Prüfung förmlich einladet, abgehandelt werden. In einer später folgenden Abhandlung sollen die Stengelglieder orthotroper Sprosse in einer möglichste Übersicht über die Wachsthumsweise dieser Organe gewährenden Weise abgehandelt werden.

I. Methode der Untersuchung.

Zur möglichst sicheren und genauen Feststellung der Wachsthumsgesetze haben wir zweierlei Wege eingeschlagen.

Erstens den gewöhnlichen, indem wir die Stengel in gleichen Abständen markirten und von Zeit zu Zeit die Entfernung der

Marken massen. Indess wurde sowohl das Markiren als das Messen so vervollkommnet, dass unsere Resultate an Genauigkeit und Sicherheit die unserer Vorgänger wohl weit übertrafen.

Der zweiten Methode lag derselbe Gedanken zu Grunde, von dem sich Askenasy bei seinen der Auffindung der Wachsthumsvertheilung an Wurzeln gewidmeten Versuchen leiten liess. Die Meristemzellen der Stengel hatten doch insoweit constante Abmessungen, dass sich die Frage, ob in früheren Entwicklungsstadien gleichmässiges oder ungleichmässiges Wachsthum stattfand, befriedigend lösen liess, eine Frage, welche nach der Markirungsmethode nicht entschieden werden konnte.

Durch Anwendung zweier einfacher Apparate und durch die Art unserer Messung gelang es, die Stengel rasch und fein zu markiren, auf 0·1 Mm. mit Sicherheit abzulesen und halbe Zehntel auch noch zu schätzen. Der erste dieser Apparate war im Wesentlichen ein verfeinertes Grisebach'sches Auxanometer.

Unsere „Theilrädchen" bestehen aus kreisförmigen Metallplatten von 8—15 Mm. Durchmesser, an deren Rande in bestimmten Entfernungen (von 1 und 0·75 Mm. Durchmesser) leicht abgeschliffene Zähnchen sich befinden. Jedes der Rädchen ist um eine auf den beiden grossen Flächen senkrechte Axe leicht drehbar und mit einer Handhabe versehen, durch welche es auf einer festen Unterlage, um seine Axe sich drehend, vorwärts bewegt werden kann. So weit unterscheidet es sich, abgesehen von den Dimensionen, nicht von dem Grisebach'schen Auxanometer, dessen Zähne in Entfernungen von je einer Pariser Linie sich befanden.

Die Führung eines solchen Rädchens auf der glatten runden Fläche eines Stengels macht nicht geringe Schwierigkeiten, und ist an dünnen Stengeln ohne Unregelmässigkeit nicht auszuführen Um diesen Übelstand zu beseitigen, ist an unserem Apparate an der Seite des Handgriffes ein schwach federndes, längliches Metallplättchen angebracht, welches senkrecht zur Fläche des Rädchens abgeplattet und gegen die Zähne zu etwas concav gebogen ist und erlaubt, das Rädchen längs des Stengels leicht und sicher zu führen.

Die Art der Farbmasse, welche vom Rädchen auf den Stengel abgedruckt werden soll, ist nicht gleichgiltig. Nach vielfachen

Versuchen zeigte sich feinste Druckerschwärze, wie solche zum Abdrucke von Holzschnitten verwendet wird, am tauglichsten. Auf einer Kautschukwalze aufgestrichen, überträgt sie sich durch Rollung des Rädchens über die mit Schwärze versehene Fläche leicht auf dessen Zähnchen. Fährt man mit dem so vorbereiteten Rädchen über eine glatte Fläche, so überträgt sich auf letztere die Farbe punktweise mit überraschender Schärfe. Auf diese Art lassen sich die meisten Stengel leicht und genau markiren.

Zarte und kurze Internodien können durch den nachfolgend beschriebenen Apparat rasch und genügend genau markirt werden. Korkpfropfen von 2 Ctm. Durchmesser und je nach Bedarf verschiedener Länge wurden, nachdem in dieselben ein tiefer, 90° breiter und bis zur Axe reichender Einschnitt gemacht wurde, mit einem Rosshaar so umwunden, dass die Windungen 0·75 und 1 Mm. weit von einander entfernt lagen. Die über dem Ausschnitte gelegenen Fäden wurden auf der Kautschukwalze geschwärzt und der Abdruck des so gewonnenen Massstabes vorgenommen, nachdem der zu messende Stengel auf eine weiche Unterlage (Tuch, Wolle u. dgl.) gelegt worden war. Selbst bei Anwendung eines sehr schwachen Druckes gelingt es, den Massstab auf den Pflanzentheil zu übertragen. Gröbere Theilungen wurden aus freier Hand durch Übertragung eines auf den Pflanzentheil aufgelegten Papiermassstabes gemacht.

Von Wichtigkeit für eine genaue Bestimmung der Zuwachsgrösse innerhalb der markirten Internodialtheile ist die Messung der Markenabstände. Versuche, mittelst Fernrohr und Mikrometer oder — nach Einführung der Internodien in calibrirte Glasröhren — mittelst Kathetometer die Längenbestimmung vorzunehmen, haben sich als unzweckmässig herausgestellt, namentlich wegen der selbst bei günstigsten Beleuchtungsverhältnissen schwierigen Ablesung und auch wegen der Fehler, welche durch die Stellung der Stengelglieder hervorgerufen werden. Eine correcte Längenbestimmung ist nämlich nur bei genau verticaler Stellung der zu messenden Stengelabschnitte möglich. Diese Bedingung ist schwer zu erfüllen und erfordert; namentlich bei nutirenden Internodien, so viel Zeit und Mühe, dass schon daran diese Messungsmethode scheitern muss.

Unsere Messungen wurden entweder direct mittelst Glasmikrometer oder mittelst Zirkel vorgenommen. Im ersten Falle wurde ein feines, in 0·1 Mm. getheiltes Glasmikrometer mit der Theilung auf die zu messenden Strecken aufgelegt und mittelst der Loupe abgelesen. Die Objecte wurden wo möglich in eine geneigte oder horizontale Lage gebracht, in welchem Falle die Theilung rasch aufgefunden werden konnte. In anderen Lagen stört die Spiegelung der Glasfläche des Mikrometers während der Beobachtung.

Wo wegen Kleinheit der zu beobachtenden Internodien oder wegen der Lage des zu messenden Pflanzentheiles das Glasmikrometer nicht angewendet werden konnte, wurde zur Messung ein sogenannter Federzirkel (Schraubenzirkel) benützt, welcher bei einiger Vorsicht ohne jede Schädigung der Pflanzentheile angewendet werden konnte. Unser Federzirkel ist kurz — etwa 6 Ctm. lang — mit feinen Stahlspitzen versehen, welche durch eine Mikrometerschraube einander genähert oder von einander entfernt werden können. Die Stahlspitzen lassen sich unter Anwendung der Schrauben um 0·01 Mm. verschieben, eine Feinheit, welche für unsere Zwecke gar nicht gefordert wird. Der Zirkel wurde so lange gerichtet, bis bei Anwendung der Loupe er die oberen oder unteren Enden der Punkte genau berührte, sodann wurde mittelst eines in 0·1 Mm. getheilten Glasmikrometers die Entfernung der Zirkelspitzen ermittelt. Die Zirkelspitze wurde selbstverständlich nicht, wie dies bei Messen mittelst Zirkels sonst Regel ist, senkrecht auf die Stengel aufgesetzt; dies würde unfehlbar eine Verletzung der letzteren verursacht haben. Vielmehr wurde die Zirkelspitze auf den Stengel aufgelegt; bei horizontaler Lage der Stengel lagen also auch die Schenkel des Zirkels horizontal. Bei einiger Übung gelingt es auf diese Weise, die Abstände der Marken auf 0·1 Mm. genau zu messen.

II. Beobachtungen.

Die nachfolgend mitgetheilten Untersuchungen über die Wachsthumsgesetze beziehen sich auf jene Stengelglieder, die man kurzweg als nutirende bezeichnet. Dieselben wachsen, — wie bisher immer angenommen wurde, aus inneren, in der

Organisation begründeten Ursachen — an einer Seite stärker als an der entgegengesetzten und weisen desshalb Krümmungen auf.

Die zwei auffallendsten Formen dieser „spontanen" Nutation sind die undulirende und die revolutive. Die erstere[1] gibt sich in einer an Vorder- und Hinterseite des Organs wechselnden Wachsthumsstärke zu erkennen. Gewöhnlich zeigen die in undulirender Nutation befindlichen Organe einen doppelten Wechsel der Wachsthumsintensität, so dass dieselbe eine S-förmige Gestalt annehmen, wie dies fast alle kräftig wachsenden Keimstengel (Hypocotyle oder Epicotyle) der meisten Dicotylen zeigen. Seltener treten an den Internodien mehr als zwei an Vorder- und Hinterseite gelegene Krümmungsbogen auf. Die revolutive Nutation, das Winden, ist hinlänglich bekannt.

Die undulirende Nutation ist mit der revolutiven Nutation, wie ich früher zeigte,[2] durch Übergänge verbunden. Die Tendenz zum Übergange ist an sehr vielen, in undulirender Nutation befindlichen Stengeln vorhanden, wenn auch nicht gerade sehr augenfällig und zeigt sich darin, dass die Symmetriefläche derselben nicht genau in eine Ebene fällt.

Eine dritte Hauptform der spontanen ist die einfache Nutation. Hier wächst constant eine Seite stärker als die andere. Die Keimlinge von *Abies excelsa*, *Linum usitatissimum* und anderen Dicotylen[3] zeigen diese Nutationsform. Da aber schwächliche Keimlinge dicotyler Pflanzen, die unter normalen Verhältnissen undulirende Stengelglieder aufweisen, häufig blos einfach nutiren oder die Erscheinung der undulirenden Nutation nur in sehr schwachem Grade erkennen lassen, so ist ersichtlich, dass auch zwischen diesen beiden Nutationsformen Übergänge bestehen. Ich werde übrigens in dieser Abhandlung zeigen, dass der undulirenden Nutation stets die einfache Nutation vorangeht.

Auch die (longitudinale) Epinastie und (log.) Hyponastie werden von den meisten Autoren als Formen einfacher Nutation betrachtet. Nach der Ansicht anderer Forscher sind beide Erscheinungen auf äussere Ursachen zurückzuführen.

---

[1] Die undulirende Nutation. l. c.

[2] Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien 1881.

[3] Die undulirende Nutation. l. c.

Eine vierte, indess auch noch zweifelhafte Form der spontanen Nutation habe ich mit dem Namen der unterbrochenen Nutation bezeichnet.[1] Dieselbe tritt bei winkeliger Anordnung der auf einander folgenden Internodien monopodialer Sprosse[2] auf (z. B. bei der Linde, Erle, Birke, bei Rosenarten, bei *Vicia Cracca*, *V. sepium* u. s. w.) und zeigt sich darin, dass das Internodium an einer bestimmten Stelle, und zwar am Grunde, an jenem Orte, wo die Blattachsel sich befindet, stärker wächst als an der entgegengesetzten, wodurch eine winkelige Abbiegung des Stengelgliedes von seiner Wachsthumsrichtung hervorgebracht wird.

Obgleich es nun nicht völlig erwiesen ist, ob die genannten Krümmungsformen auf spontane Nutation zurückzuführen sind, so schien es mir doch passend, dieselben in den Kreis der vorliegenden Untersuchung zu ziehen.

Zur Prüfung auf die Wachsthumsweise wurden Pflanzen gewählt, deren Stengelglieder die Nutationsformen in typischer Weise zur Schau tragen. Die Objecte wurden nach zwei Richtungen hin untersucht: 1. bezüglich der Vertheilung der Wachsthumsintensität, wozu die oben geschilderte Markirungsmethode in Anwendung gebracht wurde; 2. bezüglich des Zusammenhanges, welcher zwischen dem Wachsthum des Stengelgliedes und den Bildungsvorgängen der dasselbe constituirenden Zellen besteht. Die Prüfung dieses Zusammenhanges hatte nicht nur den Zweck, die diesbezüglichen thatsächlichen Verhältnisse kennen zu lernen, sondern konnte auch zur Ermittlung der Vertheilung der Wachsthumsintensität herangezogen werden.

A. Beobachtungen über die mit Zuhilfenahme der Markirungsmethode ermittelte Vertheilung der Wachsthumsintensitäten nutirender Internodien.

Die Pflanzen wurden unter möglichst günstigsten Vegetationsbedingungen cultivirt, wenn nicht der Versuch selbst eine

---

[1] Die undulirende Nutation l. c. Sep. Abdr. p. 36.

[2] Jüngsthin hat Berthold eine analoge Erscheinung an Algenthallomen beobachtet. s. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 14.

Abänderung erforderte, was in den einzelnen Tabellen ersichtlich gemacht ist. Viele Versuche verliefen überdies unter constanten Vegetationsbedingungen, was gleichfalls in den Tabellen angegeben ist. Vergleichende Versuche haben indess ergeben, dass das allgemeine Wachsthumsgesetz, dem ein Internodium unterworfen ist, durch den Wechsel der Vegetationsbedingungen im Wesentlichen nicht alterirt wird und immer hervortritt, wenn nur die Wachsthumsbedingungen überhaupt erfüllt sind. Zur Ermittlung der Wachsthumsgesetze sind also weder die günstigsten, noch constante Bedingungen erforderlich, was ja, wenigstens mit Bezug auf die Temperatur, bereits von Askenasy (s. oben p. 469) hervorgehoben wurde. Doch ist es selbstverständlich, dass, je günstiger die Verhältnisse sind, unter denen die Versuchspflanze steht, desto deutlicher im Allgemeinen die charakteristischen Eigenthümlichkeiten des Wachsthums sich zu erkennen geben werden.

Die grösste Zahl von Beobachtungen bezieht sich auf das Epicotyl von *Phaseolus multiflorus*. Der Grund hiefür liegt nicht nur in dem Umstande, dass die Keimlige dieser Pflanze eines der wichtigsten und gewöhnlichsten Objecte der experimentellen Pflanzenphysiologie bilden, sondern hauptsächlich darin, dass das Stengelglied dieser Pflanze in Betreff seiner Wachsthumsweise von Münter und später von Sachs untersucht wurde, leider aber die charakteristischen, kurz nach Beginn der Keimung unschwer aufzufindenden Wachsthumsmomente übersehen wurden und später sogar Wortmann, nachdem ihm meine gelegentlich gemachte Auffindung der sich hier kundgebenden Wachsthumsmaxima bekannt wurde, dennoch die auf unvollständigen Beobachtungen beruhenden Angaben Sachs' aufrecht zu halten suchte.[1] Die grosse Zahl der vorgeführten Beobachtungen werden hoffentlich den wahren Sachverhalt eindringlich genug darlegen.

In den nachfolgenden Tabellen entspricht jede Verticalcolumne einem vertical gedachten Internodium, welches durch Marken in so viele Zonen getheilt ist, als die Columne Zahlen aufweist. Jede Zahl gibt die Höhe der betreffenden Zone in

---

[1] S. Einleitung S. 471.

Ganzen und Bruchtheilen von Millimetern an. Die erste Columne beziffert die Markirung im Beginne des Versuches, die zweite, dritte ..... nach vorgenommener erster, zweiter ..... Messung. Wenn nichts Besonderes angegeben, so wurde die erste Messung 24 Stunden nach dem Beginne des Versuches und jede folgende nach je 24 Stunden gemacht. Der verticale Strich zeigt an, wie weit das Stengelglied nutirte (genau gesagt, wie weit der stärkere, obere Bogen des Stengelgliedes nach abwärts reichte). Die fettgedruckten Ziffern machen das an jedem Tage beobachtete Maximum, beziehungsweise die constatirten Maxima ersichtlich. Ein horizontaler Strich bedeutet, dass die betreffende Zone nicht mehr weiter gewachsen ist.

I. *Phaseolus multiflorus.*

Epicotyl. Undulirende Nutation.

Es wurden im Ganzen 85 Versuche gemacht. 58 Epicotyle wurden täglich gemessen, die anderen 27 blos markirt und aus der schon ohne Messung ersichtlichen Verschiebung der Marken ersehen, wie viele Wachsthumsmaxima sich einstellten und wo selbe lagen. 80 Epicotyle gaben ein übereinstimmendes Resultat, nämlich die Anwesenheit von 2 Maximis während der Periode der Nutation. Die beiden Maxima näherten sich immer mehr und erschienen nach erfolgter Geradstreckung in Eines verschmolzen. Fünf Pflänzchen liessen die beiden Maxima nicht erkennen. Diese Pflänzchen verhielten sich aber auch sonst abnorm: drei verkümmerten und starben bald ganz ab, zwei waren fasciirt.

Alle Epicotyle dieser Pflanze wurden auf der Rückseite markirt. Um von der Basis aus die Marken anbringen zu können, wurde von jedem der beiden Cotyledonen so viel weggeschnitten, dass der Grund des Stengelgliedes frei zu liegen kam. Diese Verletzung alterirte, wie vergleichende Versuche lehren, nicht im Mindesten das Wachsthumsgesetz. Selbst wenn man, wie einige unten folgende Versuche beweisen werden, die beiden Cotyledonen vollständig beseitigt, so gibt sich das Wachsthumsgesetz während der begreiflicherweise sehr geschmälerten Entwicklung des Stengelgliedes zu erkennen.

1.

Oben	1·0	1·5	2·2	**4·0**	**5·8**	7·5	**12·5**	**19·4**	**25·3**	**31·0**
	1·0	1·5	2·2	3·8	4·4	**8·0**	11·0	13·5	14·0	—
	1·0	1·8	**2·5**	3·2	4·0	6·2	7·0	7·5	—	—
	1·0	1·8	2·4	2·8	3·5	5·0	5·5	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·2	2·5	**3·8**	4·0	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·2	2·5	3·2	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	2·8	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**3·0**	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	2·75	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·75**	2·2	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	**1·75**	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Finstern bei 17·5—20° C.

2.

Oben	1·0	**1·5**	1·5	2·2	4·2	6·2	**9·0**	**13·0**	**19·5**	**24·0**
	1·0	**1·5**	1·8	**2·5**	**4·5**	**7·1**	8·5	12·5	17·0	19·0
	1·0	**1·5**	**2·0**	**2·5**	3·2	5·2	7·0	8·6	—	—
	1·0	**1·5**	1·8	2·0	2·8	4·0	6·0	6·5	—	—
	1·0	1·3	1·5	1·8	**3·0**	3·4	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·8	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·0**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	1·8	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	1·8	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·3	**1·75**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Finstern bei 17·5—20° C.

3.

Oben	1·0	1·0	1·8	**3·0**	5·0	8·0	**12·0**	**18·0**	**26·0**	**32·0**
	1·0	1·0	**2·0**	**3·0**	**5·4**	**9·0**	10·5	14·0	15·0	—
	1·0	1·2	**2·0**	2·8	4·0	8·4	9·0	—	—	—
	1·0	1·3	1·8	2·5	3·5	7·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·6	2·5	3·2	6·5	—	—	—	—
	1·0	1·4	1·5	2·2	**3·4**	5·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	2·2	3·2	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·5**	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·2	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·1	**1·8**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·2**	1·6	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·2**	1·5	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Finstern bei 17·5—20° C.

4.

Oben	1·0	**1·3**	1·8	3·0	**5·8**	7·0	**12·0**	17.5	**25·0**
	1·0	**1·3**	**2·0**	**4·2**	5·0	**8·5**	11·0	15·0	21·0
	1·0	1·2	1·8	3·0	**5·4**	6·0	8·2	9·0	—
	1·0	1·2	1·5	2·5	4·0	4·5	5·4	—	—
	1·0	1·0	1·2	2·0	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	**2·5**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·4	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	1·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·1	**1·5**	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·3**	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln bei 17·5—20° C.

5.

Oben	1·0	1·0	1·5	1·5	2·5	3·0	5·0	6·0	7·0
	1·0	**1·5**	2·5	**4·0**	**6·0**	12·0	**40·0**	**45·0**	**47·0**
	1·0	**1·5**	**3·0**	3·0	3·5	**13·0**	22·0	22·0	—
	1·0	**1·5**	2·6	3·0	3·5	**13·0**	16·0	—	—
	1·0	**1·5**	2·5	3·0	6·0	**13·0**	14·0	—	—
	1·0	1·3	2·0	2·5	6·0	8·0	—	—	—
	1·0	1·2	1·8	2·5	**6·5**	8·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·6	3·0	**6·5**	6·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·5	6·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	3·5	6·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	6·0	—	—	—	—
	1·0	1·25	3·0	4·0	6·0	—	—	—	—
Unten	1·0	**2·0**	**4·0**	**5·0**	5·0	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln bei 19·2—20·5° C. Das Gleiche gilt auch für die drei folgenden mit 6—8 bezeichneten Versuchsreihen.

6.

Oben	1·0	1·0	1·0	1·0	2·0	2·0	5·0	5·0	5·0
	1·0	**1·5**	2·0	4·0	**7·0**	12·0	**28·0**	**32·0**	**32·0**
	1·0	**1·5**	**3.0**	**5·5**	**7·0**	**19·0**	26·0	27·0	—
	1·0	**1·5**	**3·0**	4·5	5·0	14·0	14·0	—	—
	1·0	**1·5**	2·5	3·5	5·0	10·0	—	—	—
	1·0	**1·5**	2·0	2·5	5·5	8·0	—	—	—
	1·0	1·3	1·7	2·5	5·5	6·0	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	3·0	**6·0**	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	3·5	**6·0**	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·7	4·0	**6·0**	—	—	—	—
	1 0	1·2	2·5	**4·5**	5·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	**3·0**	4·0	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	2·5	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	2·5	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—

7.

Oben	1·0	1·25	**2·5**	**4·0**	**5·5**	15·0	**31·0**	**41·0**	**51·0**	**54·0**
	1·0	**1·5**	**2·5**	**4·0**	**5·5**	16·0	20·0	25·0	26·0	—
	1·0	**1·5**	**2·5**	3·5	5·0	**17·0**	20·0	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·5**	2·5	5·0	12·5	13·0	—	—	—
	1·0	**1·5**	2·0	2·0	5·0	10·0	—	—	—	—
	1·0	1·3	2·0	2·0	5·0	8·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·0	2·0	4·0	6·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	4·0	4·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	4·0	4·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·5	**4·5**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	**4·5**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	4·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·5	3·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	3·0	3·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	2·0	**4·0**	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	**3·5**	**4·0**	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	3·0	3·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·5	3·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—	—

8.

Oben	1·0	1·0	2·0	2·5	4·0	12·0	18·0	26·0	28·0	30·0
—	1·0	1·25	2·0	2·5	4·5	13·0	18·0	—	—	—
—	1·0	1·5	2·0	2·5	5·0	12·0	12·0	—	—	—
—	1·0	1·25	2·0	2·5	5·0	6·5	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	4·0	5·5	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·25	2·0	4·0	4·0	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·5	3·0	4·0	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·5	3·5	3·5	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	2·5	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	2·5	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·25	2·0	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	2·0	—	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	2·0	—	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	2·0	—	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	2·0	—	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	1·25	—	—	—	—	—	—	—

9.

Oben	1·0	1·0	2·0	4·0	6·0	8·0	14·0	21·5	30·0	45·0
—	1·0	1·0	2·25	3·5	4·5	6·0	13·0	18·5	21·5	23·0
—	1·0	1·0	3·0	3·5	4·5	9·0	13·0	17·3	—	—
—	1·0	1·0	2·5	3·0	5·0	10·0	12·5	13·5	—	—
—	1·0	1·2	2·3	2·5	5·5	9·0	10·5	—	—	—
—	1·0	1·2	2·0	2·5	5·5	7·0	—	—	—	—
—	1·0	1·3	2·0	2·5	4·5	5·8	—	—	—	—
—	1·0	1·5	2·0	2·5	4·5	5·1	—	—	—	—
—	1·0	1·3	2·0	3·7	4·5	5·0	—	—	—	—
—	1·0	1·2	2·0	4·5	4·5	5·0	—	—	—	—
—	1·0	1·2	2·5	4·5	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·5	2·5	3·5	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Finstern bei 19·5—20·9° C. Dessgleichen die folgenden sieben mit 10—16 bezeichneten Versuchsreihen.

10.

Oben	1·0	1·0	**2·0**	3·5	**5·5**	**6·0**	**10·5**	14·0	**18·0**	**26·0**	**29·0**
	1·0	1·0	**2·0**	**4·0**	**5·5**	**6·0**	8·5	**15·0**	**18·0**	18·0	19·0
	1·0	1·0	**2·0**	3·0	3·4	5·0	8·0	11·0	12·1	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·3	3·0	5·0	**9·0**	10·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	5·0	7·0	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	1·5	3·0	**6·0**	7·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·5	1·5	3·0	5·0	6·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·5	1·5	3·0	4·5	5·0	—	—	—	—
	1·0	1·3	1·3	1·5	3·0	4·3	5·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·2	1·5	3·0	4·1	4·3	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	1·6	3·5	4·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	**4·0**	4·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	3·4	4·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	**3·0**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·25**	**2·0**	**3·0**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·25**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·25**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·25**	—	—	—	—	—	—	—	—	—

11.

Oben	1·0	1·0	1·25	1·3	4·0	5·0	7·0	11·7	15·0	**19·0**	**24·0**	**27·0**
	1·0	1·0	2·0	3·2	**4·6**	**5·4**	**10·0**	**15·0**	**17·0**	18·0	19·0	—
	1·0	1·0	2·0	**4·0**	4·0	**6·0**	8·5	10·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·5**	3·0	3·0	5·0	6·0	7·0	—	—	—	—
	1·0	**1·2**	2·0	2·3	3·0	5·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·2**	1·5	1·6	3·0	3·2	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·2**	1·5	1·5	**3·2**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	1·5	**3·2**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	1·5	3·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·1	3·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	**2·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

12.

Oben	1·0	1·5	2·0	3·5	**5·5**	**8·0**	12·0	17·5	20·0	**24·0**
—	1·0	1·5	2·0	**4·0**	**5·5**	7·0	**14·0**	**21·0**	**24·0**	**24·0**
—	1·0	1·5	2·0	**4·0**	4·5	8·0	12·0	14·5	—	—
—	1·0	1·5	**2·5**	3·0	4·5	**9·0**	10·4	11·0	—	—
—	1·0	**1·75**	1·8	2·0	4·1	7·1	7·3	—	—	—
—	1·0	**1·75**	1·75	2·0	5·0	7·0	—	—	—	—
—	1·0	**1·75**	1·75	2·0	**5·5**	6·0	—	—	—	—
—	1·0	1·5	1·75	2·0	5·6	4·3	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·75	2·0	3·2	3·6	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·75	2·5	3·0	3·5	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	**3·0**	3·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·25	**2·0**	2·5	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·25	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
—	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—

13.

Oben	1·0	1·4	**3·0**	**4·0**	**6·0**	**8·0**	10·0	16·5	**26·0**	**27·0**
—	1·0	1·5	**3·0**	**4·0**	4.7	7·0	12·0	**17·8**	20·2	—
—	1·0	1·5	**3·0**	**4·0**	5·0	**9·7**	**15·0**	16·0	—	—
—	1·0	**2·0**	2·6	3·7	5·5	9·0	10·5	—	—	—
—	1·0	**2·0**	2·5	3·5	**6·5**	9·0	9·5	—	—	—
—	1·0	1·2	1·7	3·4	5·2	5·5	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	3·5	5·0	5·5	—	—	—	—
—	1·0	1·2	1·5	3·5	5·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·5	2·3	4·0	5·0	—	—	—	—	—
—	1·0	1·8	2·4	**5·0**	—	—	—	—	—	—
—	1·0	**2·0**	**3·5**	**5·0**	—	—	—	—	—	—
—	1·0	**2·0**	**3·5**	4·0	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·5	3·1	3·6	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

14.

Oben	1·0	1·0	1·5	**2·5**	**4·6**	5·5	**10·2**	**14·5**	**22·0**	**24·0**
—	1·0	1·0	1·5	**2·5**	3·5	**7·2**	9·4	10·0	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·3	3·0	6·0	6·5	—	—	—
	1·0	**1.2**	**2·0**	2·2	3·0	5·3	—	—	—	—
	1·0	**1·3**	1·6	2·0	3·2	5·0	—	—	—	—
	1·0	**1·2**	1·5	2·0	**3·5**	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	**1·7**	**3·5**	3·8	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·1	1·5	2·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	2·7	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·6**	2·6	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	2·3	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·2	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·8	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·2**	1·5	—	—	—	—	—	—	—

15.

Oben	1·0	1·25	1·5	**3·0**	**3·5**	5·0	**9·0**	**13·5**	**19·0**	**23·0**
	1·0	**1·5**	**2·0**	**3·0**	**3·5**	**6·8**	7·7	9·1	10·5	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	2·6	3·0	5·0	6·2	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	2·2	2·2	4·5	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·7	2·0	2·5	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·3	1·6	2·0	3·0	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	1·5	**3·2**	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	1·6	3·1	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
—	1·0	1·2	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·3**	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—

16.

Oben	1·0	1·0	**2·2**	**3·8**	**4·0**	4·6	**9·5**	**14·5**	**19·0**	**22·5**
	1·0	1·0	**2·2**	3·2	3·4	**5·2**	7·5	9·0	—	—
	1·0	1·1	2·0	2·5	3·0	5·0	6·0	6·5	—	—
	1·0	1·2	1·5	2·0	2·5	4·2	4·8	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·5	2·0	2·8	3.8	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	1·7	**3·0**	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	1·4	**3·0**	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	1·5	2·8	3·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·7	2·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·8**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	2·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	2·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·8	2·3	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—	—	—

17.

Oben	1·0	1·5	2·0	3·0	4·0	6·0	10·0	12·0
	1·0	**2·5**	**4·5**	**5·5**	**6·0**	8·5	**34·0**	**36·0**
	1·0	**2·5**	4·0	4·0	5·0	10·0	18·5	19·0
	1·0	**2·5**	3·0	3·5	6·0	**12·0**	14·0	—
	1·0	**2·5**	3·0	3·5	**6·5**	9·0	10·0	—
	1·0	2·0	2·0	4·0	**6·5**	8·0	8·5	—
	1·0	2·0	3·0	**6·0**	**6·5**	7·0	—	—
	1·0	2·0	3·0	**6·0**	**6·5**	—	—	—
	1·0	1·5	**4·0**	5·5	—	—	—	—
	1·0	1·5	3·5	4·5	—	—	—	—
	1·0	1·5	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·5	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 18·4—19·6° C. Die Messung erfolgte nicht auf Zehntel-, sondern blos auf Viertelmillimetern. Das Gleiche gilt für die fünf folgenden mit 18—22 bezeichneten Reihen.

18.

Oben	1·0	2·0	2·5	3·5	3·5	7·0	16·0	19·0
	1.0	**2·5**	**3·0**	**4·25**	7·0	8·0	**26·0**	**29·0**
	1·0	**2·5**	**3·0**	4·0	**8·0**	**13·0**	19·0	—
	1·0	2·0	2·5	4·5	7·5	12·0	13·0	—
	1·0	2·0	**3·0**	**5·0**	6·0	—	—	—
	1·0	2·0	**3·0**	**5·0**	—	—	—	—
	1·0	**2·5**	**3·0**	3·5	—	—	—	—
	1·0	**2·5**	**3·0**	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**2·5**	—	—	—	—	—	—

19.

Oben	1·0	2·0	3·5	4·5	7·5	12·0	24·0	**27·0**
	1·0	**3·0**	**5·0**	**5·5**	**8·5**	**16·0**	**26·0**	—
	1·0	**3·0**	4·0	5·0	7·5	14·0	16·0	—
	1·0	**3·0**	3·0	4·0	7·0	12·0	—	—
	1·0	2·5	3·0	**5·0**	**8·0**	9·0	—	—
	1·0	2·5	2·5	**5·0**	7·0	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·5	4·0	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	**3·0**	4·0	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	3·25	—	—	—	—
Unten	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—

20.

Oben	1·0	1·5	3·0	4·0	6·0	11·0	26·0	**28·0**
	1·0	2·0	3·5	**5·5**	**7·5**	12·0	**27·0**	—
	1·0	2·5	**4·0**	5·0	6·5	**14·0**	17·0	—
	1·0	**3·0**	**4·0**	4·5	**9·0**	13·0	14·0	—
	1·0	**3·0**	3·0	**5·5**	8·0	9·0	—	—
	1·0	2·5	2·5	4·0	5·0	6·0	—	—
	1·0	2·0	2·0	3·0	3·5	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	3.0	—	—	—	—
	1·0	1·0	**3·0**	3·0	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	2·0	—	—	—	—	—

21.

Oben	1·0	1·0	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5
	1·0	2·0	3·5	**6·0**	**10·0**	**13·0**	**38·0**	**39·0**
	1·0	2·0	**4·0**	5·0	6·5	12·5	22·5	—
	1·0	**2·5**	**4·0**	5·0	**8·0**	**15·0**	17·0	—
	1·0	**2·5**	3·5	4·0	7·0	10·0	—	—
	1·0	2·0	2·5	4·0	7·0	8·0	—	—
	1·0	2.0	**3·0**	**5·0**	7·0	8·0	—	—
	1·0	2·0	2·5	4·0	—	—	—	—
Unten	1·0	2·0	2·0	2·5	—	—	—	—

22.

Oben	1·0	**2·0**	2·5	**4·0**	5·0	9·0	16·0	23·0
	1·0	**2·0**	**4·0**	**4·0**	**6·0**	10·0	**25·0**	**27·0**
	1·0	**2·0**	3·0	3·0	5·0	**12·0**	16·0	—
	1·0	**2·0**	3·0	4·0	**8·0**	**12·0**	14·0	—
	1·0	**2·0**	3·0	**5·0**	**8·0**	10·0	—	—
	1·0	**2·0**	3·0	4·5	7·0	—	—	—
	1·0	**2·0**	**3·5**	4·5	6·0	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	3·0	—	—	—	—
Unten	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—

23.

Oben	1·0	**1·25**	**2·5**	**5·0**	**8·0**	**10·0**	**15·5**	**31·0**	**33·0**
	1·0	**1·25**	**2·5**	4·0	4·5	7·0	15·0	16·0	—
	1·0	1·0	**2·5**	3·0	4·0	7·0	11·0	11·5	—
	1·0	1·0	2·0	2·0	3·5	6·0	7·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	4·0	5·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	**5·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	**2·75**	—	—	—	—
	1·0	1.0	1·0	2·0	**2·75**	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	**2·5**	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·25**	**2·0**	—	—	—	—	—	—

Cultur im Finstern bei 19—21·5° C. Ausser Ganzen wurden nur halbe und Viertelmillimeter abgelesen. Desgleichen in den nächsten drei Reihen, welche unter den gleichen Verhältnissen durchgeführt wurden.

24.

Oben	1·0	**1·25**	**1·5**	**3·0**	**3·5**	**5·0**	7·0	**23·0**	**34·0**
	1·0	**1·25**	**1·5**	**3·0**	3·0	4·75	**10·0**	17·0	—
	1·0	1·0	**1·5**	2·0	3·0	4·0	9·0	12·0	—
	1·0	1·0	**1·5**	2·0	3·0	**5·5**	9·0	10·0	—
	1·0	1.0	**1·5**	2·0	3·0	**5·5**	8·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1 5	3·0	5·0	6·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	3·5	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	**3·0**	3·5	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	**3·0**	3·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	2·5	**3·0**	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**2·0**	**2·75**	**3·0**	—	—	—	—

25.

Oben	1·0	**1·5**	**2·5**	**4·0**	**7·0**	**12·0**	18·0	**34·0**	**40·0**
	1·0	1·25	**2·5**	3·0	4·5	8·0	**21·0**	24·0	25·0
	1·0	1·25	**2·5**	3·0	4·0	8·0	14·0	—	—
	1·0	1·25	**2·5**	2·5	3·5	7·5	10·0	—	—
	1·0	1·25	2·0	2·0	3·5	6·0	8·0	—	—
	1·0	1·25	2·0	2·0	3·0	**6·5**	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	2·0	**3·5**	5·0	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	1·5	**3·5**	4·5	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	**1·75**	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	**1·75**	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**1·75**	2·0	2·5	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**1·25**	**1·75**	—	—	—	—	—

26.

Oben	1·0	1·0	1·0	1·25	2·0	2·5	3·5	9·0	14·0
	1·0	**1·25**	1·25	2·5	5·0	**6·0**	8·0	**25·0**	**30·0**
	1·0	1·0	**1·5**	**3·0**	**5·5**	5·5	**10·0**	15·0	—
	1·0	1·0	1·25	2·5	2·5	5·0	8·0	9·0	—
	1·0	1 0	1·25	2·0	2·5	4·0	6·5	—	—
	1·0	1·0	1·25	2·0	3·0	**5·0**	6·5	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	4·0	5·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·5**	**3·5**	3·5	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**1·5**	**2·5**	2·5	2·5	—	—	—

27.

Oben	1·0	1·5	2·0	**3·0**	4·0	5·0	7·5	8·0	8·0
	1·0	1·5	**2·5**	**3·0**	**4·0**	**8·0**	**11·0**	**12·0**	**12·5**
	1·0	**1·75**	2·0	2·5	3·5	7·0	7·5	8·0	—
	1·0	**1·75**	2·0	2·0	3·0	6·0	6·0	—	—
	1·0	1·5	1·5	2·0	3·0	5·5	5·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	4·5	5·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·27	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	**4·5**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	**2·5**	**4·0**	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	2·0	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	2·0	2·5	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**1·5**	2·0	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 19·2—27·9° C. Messung gleichfalls nur auf 1/4 Mm. Das Gleiche gilt für die nächsten drei Versuchsreihen (28—30).

28.

Oben	1·0	**1·5**	**2·5**	**3·5**	4·0	7·5	**12·5**	**15·0**
	1·0	1·0	2·0	3·0	**4·5**	**9·0**	**12·5**	13·0
	1·0	1·0	1·5	2·0	4·0	6·5	7·0	8·0
	1·0	1·0	1·25	1·5	3·5	5·0	6·0	8·0
	1·0	1·0	1·25	2·0	4·0	**7·0**	**7·0**	—
	1·0	1·0	1·25	2·0	5·0	6·5	—	—
	1·0	1·0	1·25	3·0	**5·0**	5·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	5·0	5·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	5·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	4·5	—	—	—
	1.0	1·0	2·0	4·0	4·5	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	**4·0**	4·5	—	—	—
	1·0	1·0	2·5	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	3·5	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·5	**4·0**	4·0	—	—	—	—
	1·0	1·5	3·5	3·5	—	—	—	—
	1·0	2·0	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	**2·5**	3·0	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**2·5**	—	—	—	—	—	—

29.

Oben	1·0	1·0	2·0	**3·0**	**4·0**	**5·5**	**7·5**	**10·5**	**10·5**
—	1·0	**2·0**	2·0	**3·0**	3·0	4·0	5·0	7·0	9·25
—	1·0	1·0	**2·5**	2·5	3·0	5·5	**6·5**	**9·0**	—
—	1·0	1·0	2·0	2·0	2·75	**6·0**	6·0	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	**6·0**	6·0	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	5·0	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	4·0	—	—	—
—	1·0	1·0	1·5	2·0	**3·5**	4·0	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·75	2·5	3·0	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·75	2·0	3·0	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—
—	1·0	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—

30.

Oben	1·0	1·0	**2·5**	**3·0**	**4·0**	**5·5**	**9·0**	**14·0**	**20·0**
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	4·0	7·0	9·0	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	2·5	4·0	6·5	7·0	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	2·5	3·0	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·75	**4·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·75	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·75	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	2·0	**2·5**	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·25**	**2·0**	—	—	—	—	—	—

31.

Oben	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	2·0	2·0	2·0	2·0
	1·0	**1·25**	**1·5**	**2·0**	**2·5**	**3·0**	**3·0**	**3·0**	**3·0**
	1·0	1·0	1·25	1·5	2·0	2·0	2·0	2·0	2·0
	1·0	1·0	1·0	1·5	1·75	2·0	2·0	2·0	2·0
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	1·5	2·0	2·5	**3·0**
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	2·5
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	**2·75**	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	**2·75**	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	2·0	**2·75**	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	**2·75**	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	**2·75**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	**2·5**	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·0**	2·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·25	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	1·5	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·25**	1·5	1·5	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 19·1—21·9° C. Im Beginne des Versuches wurden beide Cotylen weggeschnitten. Messung wie in den früheren Reihen. Alles dies gilt auch für die Versuche 32 und 33.

32.

Oben	1·0	**1·25**	**1·5**	**2·0**	**3·0**	**3·0**	**3·0**	**3·0**	**3·0**
	1·0	**1·25**	**1·5**	**2·0**	2·5	2·5	2·5	2·5	**3·0**
	1·0	1·0	1·25	1·5	1·5	1·5	1·5	2·0	2·5
	1·0	1·0	1·0	1·5	1·5	1·5	1·5	2·0	**3·0**
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·25	1·25	1·5	**2·5**	2·5
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	**2·5**	2·5
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	**2·5**	2·5
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·0	2·25	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	**2·25**	—	—
	1·0	1 0	1·25	1·25	1·5	**2·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	1·5	**2·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·0**	**2·0**	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·75**	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—

33.

Oben	1·0	1·0	1·0	1·5	**2·0**	**3·0**	**3·0**	**4·0**	**5·0**	**5·5**
	1·0	**1·25**	1·25	1·5	**2·0**	**3·0**	**3·0**	3·0	3·0	3·0
	1·0	**1·25**	**1·5**	**2·0**	**2·0**	**3·0**	**3·0**	3·0	**4·0**	**4·5**
	1·0	1·0	**1·5**	1·5	1·5	1·75	1·75	2·5	**4·0**	4·0
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	1·5	2·5	3·0	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·5	3·0	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	**3·0**	3·0	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	2·0	2·5	**3·0**	3·0	—
	1·0	1 0	1·0	1·0	1·5	**2·5**	**3·0**	**3·0**	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	**2·5**	**3·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·25	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·25	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	**2·25**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	1·75	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**1·5**	**2·0**	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·25**	**1·5**	1·75	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·25**	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·25**	—	—	—	—	—	—	—	—

34.

Oben	1·0	1·25	2·0	2·5	3·0	3·3	3·5	4·5	7·0	8·0
	1·0	1·25	2·0	2·0	2·5	3·0	4·0	5·5	7·0	7·0
	1·0	1·25	1·5	2·0	2·0	3·0	3·5	4·0	4·5	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	1·5	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	2·25	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 19·5—21·5° C. Schätzung auf ¼ Mm. Die Cotylen blieben intact. Ein Gleiches gilt für die Versuche 35—40.

35.

Oben	1·0	2·0	3·5	4·0	4·0	5·0	9·0	10·0	2·0
	1·0	1·5	2·5	2·5	3·0	5·0	7·0	7·0	1—
	1·0	1·2	1·5	1·5	2·5	4·0	4·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	3·0	4·0	4·5	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	3·25	3·5	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	4·0	4·0	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	3·5	3·5	4·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·5	3·0	3·0	3·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·25	2·25	2·3	2·5	—	—
	1·0	1·5	1·5	2·25	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1.5	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—

36.

Oben	1·0	1·0	2·0	2·5	3·0	3·0	5·0	7·0	11·0	14·0
	1·0	**1·5**	**2·5**	**4·0**	**4·0**	**5·0**	9·0	**13·0**	**18·0**	**20·0**
	1·0	1·25	2·5	3·0	**4·0**	**5·0**	**10·0**	12·0	13·0	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	4·0	5·0	6·5	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	4·0	**6·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	3·0	3·5	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	**4·0**	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	**4·0**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·3**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	2·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	**2·25**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

37.

Oben	1·0	**1·5**	**3·0**	**3·5**	**4·5**	**8·0**	**11·0**	**17·0**	**18·0**
	1·0	1·3	2·0	2·0	3·0	6·0	7·5	9·0	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	5·0	6·0	7·0	—
	1·0	1·0	1·25	1·5	2·5	4·0	5·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·5	4·0	4·5	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	3·0	**4·5**	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	4·3	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	4·0	4·3	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**3·0**	**4·25**	4·25	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**3·0**	4·0	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	**3·0**	3·0	3·3	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·5	3·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·5	2·7	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·3	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·75	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	1·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	—	—	—	—	—	—	—

38.

Oben	1·0	1·5	**2·5**	**4·5**	**6·0**	**6·0**	11·0	**17·0**	**21·0**
	1·0	1·5	**2·5**	4·0	4·0	**6·0**	**12·0**	15·0	—
	1·0	**2·0**	2·0	2·5	3·5	5·0	8·0	9·5	—
	1·0	1·5	2·0	2·0	3·3	5·0	7·0	—	—
	1·0	1·5	1·5	1·5	3·0	4·5	5·5	—	—
	1·0	1·3	1·3	1·5	3·0	4·0	4·5	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	3·0	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·25	4·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	**3·5**	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	3·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	**2·25**	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	**2·25**	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·5	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·3	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—

39.

Oben	1·0	**1·5**	**2·5**	**3·0**	**3·5**	**6·0**	**8·0**	**10·0**
	1·0	**1·5**	2·0	2·0	3·0	**6·0**	**8·0**	8·0
	1·0	1·25	1·5	2·0	3·0	5·0	6·0	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·5	5·0	6·0	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	4·0	**5·5**	5·5	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	4·0	5·0	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	**5·0**	5·0	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	4·5	5·0	—	—
	1·0	1·25	2·0	4·0	4·0	5·0	—	—
	1·0	1·5	**3·0**	**5·0**	**5·0**	5·0	—	—
	1·0	**2·0**	**3·0**	3·5	3·5	4·0	—	—
	1·0	**2·0**	**3·0**	3·5	3·5	4·0	—	—
	1·0	**2·0**	2·5	3·0	3·0	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	3·0	3·0	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	3·0	3·0	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	2·5	2·5	—	—	—
	1·0	1·5	1·5	2·0	2·0	—	—	—
	1·0	1·5	1·5	2·0	2·0	—	—	—
	1·0	1·5	1·5	1·5	2·0	—	—	—
	1·0	1·25	1·5	1·5	1·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—

40.

Markirt am 26. Juni; Messung täglich (vom 28. Juni an).

	26. Juni	28. Juni	29. Juni	30. Juni	1. Juli	2. Juli	3. Juli
Oben	1·0	**4·5**	**7·8**	9·6	14·0	**19·2**	**20·0**
	1·0	4·0	5·2	**12·5**	**16·0**	—	—
	1·0	3·6	6·6	11·0	14·0	—	—
	1·0	3·2	**8·0**	10·5	12·0	—	—
	1·0	2·5	6·2	8·4	9·0	—	—
	1·0	3·5	5·8	7·0	—	—	—
	1·0	3·8	5·8	6·5	—	—	—
	1·0	3·8	5·6	6·5	—	—	—
	1·0	**5·0**	5·6	5·8	—	—	—
	1·0	4·5	5·5	5·8	—	—	—
	1·0	3·2	5·5	—	—	—	—
	1·0	3·2	5·0	—	—	—	—
	1·0	3·2	4·0	—	—	—	—
	1·0	3·0	3·5	—	—	—	—
	1·0	3·0	3·2	—	—	—	—
	1·0	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	2·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	—	—	—	—	—

40 *a*.

Am 1. Juli wurde die oberste, an diesem Tage 14 Mm. hohe Zone des im vorigen Versuche abgehandelten Keimleins neu markirt in 14 Theile.

1. Juli	2. Juli	3. Juli
1·0	1·8	2·0
1·0	**2·0**	**2·4**
1·0	1·8	2·0
1·0	1·8	—
1·0	1·6	—
1·0	1·5	—
1·0	1·5	—
1·0	1·2	—
1·0	—	—
1·0	—	—
1·0	—	—
1·0	—	—
1·0	—	—
1·0	—	—

Aus dieser Nebenversuchsreihe ergibt sich, dass sich das Maximum des Zuwachses nicht, wie es den Anschein hat, im obersten, sondern in einem tiefer gelegenen Theile des Stengelgliedes befindet.

41.

Oben	1·0	1·5	1·8	2·0	2·5	2·8	3·2	**7·0**	**9·0**	**10·5**
	1·0	**1·8**	**2·0**	**2·8**	**3·0**	**3·6**	**3·6**	5·0	8·0	—
	1·0	1·6	**2·0**	2·6	2·5	2·8	3·0	4·5	5·0	—
	1·0	1·2	1·5	1·8	**1·9**	2·5	2·8	4·0	—	—
	1·0	1·2	1·4	1·5	1·6	2·2	2·8	4·0	—	—
	1·0	1·2	1·4	1·5	1·8	**2·8**	**3·2**	3·5	—	—
	1·0	1·2	1·2	1·2	1·8	**2·8**	**3·2**	—	—	—
	1·0	1·2	1·2	1·2	1·8	**2·8**	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·2	1·8	**2·8**	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·0	1·9	2·6	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·2	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·2	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·3	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·4	2·0	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·5	2·2	2·5	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·0	**2·5**	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	2·0	**2·5**	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	1·8	**2·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	1·8	**2·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	2·0	**2·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	2·2	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	**2·2**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·2	—	—	—	—	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 11·5—13·0° C.

42.

Oben	1·0	1·2	1·4	2·2	2·8	3·2	**4·0**	**10·0**	**15·0**	**18·0**
	1·0	1·4	1·4	2·2	3·0	**4·0**	**4·0**	7·0	8·0	—
	1·0	1·8	2·0	**3·0**	**3·6**	3·8	**4·0**	5·0	—	—
	1·0	**2·0**	**2·2**	**3·0**	3·4	3·4	3·5	4·0	—	—
	1·0	**2·0**	**2·2**	2·8	2·5	3·0	3·5	—	—	—
	1·0	**2·0**	2·0	2·2	2·2	3·0	3·5	—	—	—
	1·0	**2·0**	1·8	1·8	2·2	3·0	3·2	—	—	—
	1·0	1·8	1·8	1·8	2·2	3·0	3·2	—	—	—
	1·0	1·4	1·4	1·4	2·2	2·5	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	1·4	2·0	2·4	2·6	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·2	1·8	2·0	2·6	—	—	—
	1·0	1·0	1·2	2·0	2·2	2·2	2·6	—	—	—
	1·0	1·2	1·4	**2·2**	2·2	2·5	2·6	—	—	—
	1·0	1·2	1·4	**2·2**	2·2	**2·6**	—	—	—	—
	1·0	1·4	1·5	**2·2**	**2·6**	**2·6**	—	—	—	—
	1·0	1·6	**2·2**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·4	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·4	—	—	—	—	—	—	—	—

Dieser Versuch wurde unter gleichen Verhältnissen wie der vorige ausgeführt.

43.

Oben	1·0	1·0	2·0	2·5	**6·5**	10·0	23·5	**40·0**
	1·0	**1·2**	**2·8**	**3·8**	6·0	**14·0**	**27·0**	32·0
	1·0	**1·2**	**2·8**	3·4	6·0	13·0	17·0	—
	1·0	**1·2**	**2·8**	3·0	**8·6**	13·0	14·0	—
	1·0	1·1	2·0	2·0	7·0	8·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	5·8	7·0	—	—
	1·0	1·0	1·0	1·8	4·0	4·8	—	—
	1·0	1·0	**1·2**	**2.8**	4·0	4·5	—	—
	1·0	1·0	**1·2**	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	**1·2**	2·0	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	**1·2**	1·8	—	—	—	—

Cultur im Dunkeln. Temperatur 16·8—19·9. Ein Gleiches gilt für den nächsten Versuch.

44.

Oben	1·0	2·5	3·8	**6·5**	10·0	**18·8**	**28·0**	**29·0**
	1·0	**3·2**	**4·5**	6·0	**12·4**	18·0	19·0	—
	1·0	2·8	3·8	5·4	10·8	11·8	—	—
	1·0	2·2	3·2	5·2	8·6	9·0	—	—
	1·0	1·8	3·0	5·0	6·2	—	—	—
	1·0	1·8	3·0	4·0	6·0	—	—	—
	1·0	1·5	3·0	3·5	3·8	—	—	—
	1·0	1·8	3·0	3·2	—	—	—	—
	1·0	2·0	3·0	3·2	—	—	—	—
	1·0	2.2	3·0	—	—	—	—	—
	1·0	2·2	2·8	—	—	—	—	—
	1·0	**2·3**	2·8	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	2·7	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	2·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·6	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·4	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—

45.

O.	1·0	2·8	8·8	16·8	**43·0**
	1·0	**3·2**	**11·5**	**24·5**	34·0
	1·0	2·8	9·0	14·5	16·0
	1·0	2·6	9·0	14·0	14·5
	1·0	2·0	7·3	8·0	8·8
	1·0	2·5	6·2	8·0	—
	1·0	2·5	5·6	7·0	—
	1·0	2·5	5·6	6·0	—
	1·0	3·0	5·2	—	—
	1·0	3·0	5·2	—	—
	1·0	3·0	4·5	—	—
	1·0	**4·0**	4·5	—	—
	1·0	3·8	4·5	—	—
	1·0	3·8	4·5	—	—
	1·0	3 8	4·5	—	—
	1·0	3·5	4 0	—	—
	1·0	3·0	4·0	—	—
	1·0	2·8	3·5	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—
U.	1·0	1·2	1·5	—	—

Cultur im Dunkeln bei 24 bis 25·5° C., was auch für 46 gilt.

46.

O.	1·0	**3·5**	**14·0**	14·0	15·0
	1·0	2·8	10·2	**26·0**	**28·0**
	1·0	2·5	10·0	15·5	—
	1·0	2·0	7·8	11·5	—
	1·0	2·2	7·0	8·6	—
	1·0	2·5	5·8	7·0	—
	1·0	2·5	4·8	5·8	—
	1·0	2·5	3·9	5·0	—
	1·0	2·5	**4·0**	—	—
	1·0	2·8	**4·0**	—	—
	1·0	**3·0**	3·4	—	—
	1·0	**3·0**	—	—	—
	1·0	**3·0**	—	—	—
	1·0	**3·0**	—	—	—
	1·0	**3·0**	—	—	—
	1·0	2·8	—	—	—
	1·0	2·8	—	—	—
	1·0	2·5	—	—	—
	1·0	2·5	—	—	—
	1·0	2·4	—	—	—
	1·0	2·0	—	—	—
U.	1·0	1·5	—	—	—

Es sei hier noch ein Versuch hervorgehoben, der im Dunkeln bei einer Temperatur von 8·1—8·7° C. ausgeführt wurde, bei welchem aber die Messung unterlassen wurde. Die Beobachtung zeigte täglich bis zur Geradstreckung des wie sonst markirten Epicotyls zwei Maxima. Das Wachsthum des Epicotyls währte vom 10. bis 30. April. Das Stengelglied hatte im Beginne des Versuches eine Länge von 19, am Ende von 60 Mm.

Die Versuche 41—46 und der zuletzt beschriebene, bei vier verschiedenen Temperaturen, sonst unter gleichen Verhältnissen ausgeführt, lehren, dass die Temperatur auf das Wachsthumsgesetz keinen Einfluss hat; letzteres wird stets erfüllt, wenn nur die zum Wachsthum erforderliche Temperatur vorhanden ist. Dass in den bei den relativ höchsten Temperaturen ausgeführten Versuchen das Wachsthum der Epicotyle rascher beendet wurde, als in den anderen, war vorherzusehen. Auch kann es nicht befremden, dass das untere Zuwachsmaximum in den bei hohen Temperaturen vorgenommenen Versuchen höher oben am Stengel erscheint, als in den übrigen Fällen. Würde die erste Messung nach einem kürzeren Zeitraume, als nach 24 Stunden vorgenommen worden sein, so wäre das untere Maximum in einer tiefer gelegenen Zone gefunden worden.

47.

Datum		5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	Juni (1883)
Temperatur	(absol.) Maximum	27·8	25·7	22·0	25·5	25·4	20·7	23·8	23·7	20·7	21·8	24·4	Grad Celsius
	Minimum	15·0	15·7	15·3	14·0	15·6	15·0	15·8	15·0	14·3	13·5	13·6	
		1·0	1·2	**2·0**	**3·5**	**5·0**	7·0	**12·5**	**18·5**	**25·5**	**32·5**	**40·0**	
		1·0	1·2	1·8	3·0	4·2	**7·2**	9·5	14·0	17·0	19·0	—	
		1·0	**1·5**	1·5	2·0	3·0	4·0	7·0	8·0	10·0	11·5	—	
		1·0	**1·5**	1·5	2·2	2·8	3·5	4·0	—	—	—	—	
		1·0	**1·5**	1·5	2·4	**3·5**	—	—	—	—	—	—	
		1·0	1·2	1·5	**2·8**	3·0	—	—	—	—	—	—	
		1·0	1·0	1·5	2·0	2·4	—	—	—	—	—	—	
		1·0	1·0	1·8	2·0	—	—	—	—	—	—	—	
		1·0	**1·2**	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—	—	
		1·0	**1·2**	**2·0**	—	—	—	—	—	—	—	—	
		1·0	**1·2**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Cultur im Freien bei ungehemmtem Lichtzutritt.

Ausser den angeführten 48 Versuchen wurden, wie oben bereits angeführt, noch 37 andere Versuche mit dem Epicotyle von *Phaseolus* ausgeführt, davon 10 mit täglichen Messungen und 27 mit blos täglicher Beobachtung der markirten Stengel. In 14 Versuchen waren die Keimpflanzen dem Tageslichte ausgesetzt, in den übrigen wurden sie im Dunkeln bei theils constanter, theils variabler Temperatur gehalten. Alle Versuche bis auf fünf oben (S. 479) genannte, in welchen die Keimlinge im Wachsthum zurückblieben, verkümmerten oder fasciirten und eine sehr unregelmässige Vertheilung der Wachsthumsintensitäten darboten, gaben das gleiche Resultat, nämlich zur Zeit der Nutation zwei Wachsthumsmaxima, eines im aufrechten Theile, eines im oberen stark nutirenden Ende.

Die mitgetheilten Tabellen sind der Ausdruck der unmittelbaren Beobachtungen: es zeigt sich eine Zone oder eine aus benachbarten Zonen bestehende Stengelpartie im oberen und eine im unteren Theile des Stengels zu jeder Zeit während der ganzen Periode des Nutirens im Wachsthum gefördert.

Rechnet man aus den Tabellen durch einfache Differenzbildung die factischen Zuwächse für eine bestimmte Wachsthumszeit, so ergibt sich gleichfalls das mitgetheilte Wachsthumsgesetz, allerdings mit geringerer Klarheit. Man sieht nämlich, dass innerhalb der beiden geförderten Zonen das Wachsthum selbst häufig ein ungleichmässiges ist. Ist aber jener Entwicklungszustand erreicht, in welchem nur mehr ein Maximum existirt, dann zeigt sich eine grössere Gleichförmigkeit im Wachsthum: man sieht, dass die Zuwächse von unten nach oben zuerst zu- und dann abnehmen. Die meisten der mitgetheilten Tabellen lehren dies. Wo diese Gesetzmässigkeit nicht erkenntlich ist, liegt der Grund in dem relativ starken Zuwachs der Endzonen, welche ja, wie wir gesehen haben, in einzelnen Fällen um das 30- bis 40fache sich verlängerten.

Die bis jetzt mitgetheilten Versuche lehrten, wie das Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* wächst, wenn es die Doppelkrümmung der undulirenden Nutation zu erkennen gibt; ferner, wie es sich nach der Geradstreckung verhält.

Es folgen nun Versuche (48—53), welche zu dem Behufe angestellt wurden, um zu zeigen, wie das Wachsthum dieses Stengelgliedes in den ersten Stadien der Keimung verläuft.

Das noch im Samen befindliche Epicotyl zeigt blos einfache Nutation, es ist nur eine Krümmung an demselben nachweisbar und in den ersten Keimungsstadien ist es nicht anders, wenngleich das Stengelglied mittlerweile auch merklich länger geworden ist.

Die genannten Versuche kamen in folgender Weise zur Ausführung. Die Samen wurden durch 24 Stunden in Wasser quellen gelassen, worauf ihrer Schale entfernt wurde. Einer der Cotyledonen jedes Samens wurde vorsichtig weggeschnitten, um die Keimaxe freizulegen. Das Epicotyl wurde mit dem Rädchen markirt und die so vorbereiteten Samen unter die günstigsten Keimungsbedingungen gebracht. Die Samen lagen auf feuchtem Fliesspapier in einem dunstgesättigten Raume bei einer Temperatur von 19·5—21·2° C. und Ausschluss des Lichtes. Die Darstellung der Resultate ist die gleiche wie in den früheren Versuchen.

48.

Oben	0·5	0·5	0·5	0·6	1·0	1·0	1·5	2·5
	0·5	0·5	0·6	**1·5**	**1·75**	**2·0**	**3·5**	**5·5**
	0·5	**0·6**	**0·9**	1·25	1·5	**2·0**	3·0	4·5
	0·5	**0·6**	**0·9**	0·9	1·0	1·0	1·25	2·0
Unten	0·5	0·5	0·6	0·6	0·8	0·8	0·9	1·5
	—	—	—	—	—	**0·5**	**1·0**	**1·2**

49.

ben	0·5	0·8	1·0	1·0	1·5	2·0	4·0	**7·0**	**12·**
	0·5	0·8	1·0	1·3	1·6	2·0	4·5	**7·0**	8·0
	0·5	**1·2**	**1·5**	**1·8**	**2·0**	**4·0**	**5·5**	6·0	8·5
	0·5	1·0	1·0	1·0	1·25	2·0	2·0	3·0	5·0
	0·5	1·0	1·0	1·0	1·25	1·5	2·0	3·0	4·0
Unten	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	1·0	1·5
	—	—	—	—	—	—	**0·2**	**1·0**	**2·0**

[1] Diese und die correspondirenden Zahlen der nächsten Tabellen geben den neuen (intercalaren) Zuwachs der Stengelglieder an, welcher sich am Grunde durch Neubildung von Zellen eingeschaltet hatte.

50.

Oben	1·0	1·25	1·25	1·25	2·0	2·5	3·5	7·0
	1·0	1·5	1·75	1·75	2·0	3·0	6·0	7·5
	1·0	2·0	2·0	2·0	2·75	3·5	7·0	7·0
	1·0	2·0	2·0	2·0	2·0	2·0	3·5	5·0
Unten	1·0	1·5	1·75	1·75	1·75	1·75	2·0	4·0
	—	—	—	—	—	—	1·0	2·0

51.

Oben	0·5	0·5	0·6	0·6	0·7	1·0	1·5	2·0	2·5
	0·5	0·5	0·8	0·8	1·0	2·0	3·5	7·0	8·0
	0·5	0·6	0·8	0·9	1·3	3·5	4·0	5·0	7·0
	0·5	0·6	0·8	0·8	1·0	3·0	4·0	5·0	7·0
	0·5	0·5	0·7	0·8	1·0	2·0	2·5	3·5	7·0
	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·7	0·9	2·5	2·5
Unten	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·6	0·7	1·0	1·5
	—	—	—	—	—	—	0·25	1·0	2·0

52.

Oben	0·5	1·2	1·25	1·25	1·5	3·5	4·25	5·5
	0·5	1·0	1·0	2·0	3·5	3·5	4·0	5·0
	0·5	0·8	0·8	1·5	2·75	2·75	3·5	7·0
	0·5	0·6	0·8	1·0	1·0	1·5	2·0	8·0
Unten	0·5	0·6	0·8	1·0	1·25	1·75	3·0	3·0

53.

Oben	0·5	0·5	1·5	2·0	3·5	5·0
	0·5	0·5	1·5	3·0	4·0	7·0
	0·5	0·7	2·0	3·5	4·0	6·0
	0·5	0·7	2·0	3·0	3·5	5·5
Unten	0·5	0·6	1·75	2·0	3·0	5·0
	—	—	—	1·5	3·0	4·0

Diese Versuche lehren, dass im Beginne der Keimung das Epicotyl nur ein Wachsthumsmaximum besitzt, später aber, im Beginne der undulirenden Nutation zwei Maxima auftreten.

Also schon in so frühen Entwicklungsstadien ist das Wachsthum der Organe kein gleichmässiges mehr, wie man nach den Angaben von Grisebach und Münter vermuthen sollte.

Ob auf noch früheren Entwicklungsstufen des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus* ein gleichmässiges Wachsthum stattgefunden hat, soll auf Grund mikroskopischer Messungen der Zellen im nächsten Capitel dieser Schrift erörtert werden.

Es wurden weitere 15 Versuchsreihen mit derselben Pflanze angestellt, um zu sehen, wie das erste und 9 andere, um zu sehen, wie das zweite über dem Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* stehende, in schwacher undulirender Nutation befindliche Stengelglied sich während des Wachsthums verhalten. Alle 24 Versuche geben das gleiche Resultat: die Wachsthumsweise dieser Internodien stimmt mit der des Epicotyls überein, was sich auch darin zeigt, dass diese Internodien in sehr jungen Entwicklungsstadien (Versuch 54), nämlich noch vor Eintritt der undulirenden Nutation nur ein Wachsthumsmaximum zeigen. Die höheren Stengelglieder liessen ein solches Verhalten nicht mehr oder doch nur sehr undeutlich erkennen und vom sechsten Stengelglied an lässt sich nicht einmal mehr eine Andeutung zweier Maxima entdecken.

54.

Erstes über dem Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* gelegenes Stengelglied. In der Folge als zweites Stengelglied bezeichnet.

Oben	0·5	1·0	1·5	**3·5**	**5·0**	**8·0**	**12·0**	**17·5**	**21·0**
	0·5	1·0	**1·75**	3·0	3·5	**7·0**	8·5	—	—
	0·5	**1·25**	**1·75**	2·5	3·0	5·0	—	—	—
	0·5	**1·25**	1·5	2·0	**3·75**	4·0	—	—	—
Unten	0·5	0·8	1·25	**2·5**	2·75	—	—	—	—
	—	—	**1·0**	2·0[1]	—	—	—	—	—

[1] Intercalare Zonen.

55. (wie 54.)

Oben	1·0	**1·5**	**3·0**	**6·0**	**7·0**	11·0	**16·5**	**22·0**
	1·0	**1·5**	**3·0**	4·0	4·5	**12·0**	15·0	16·0
	1·0	**1·5**	2·5	2·5	5·5	8·0	9·0	—
	1·0	**1·5**	2·0	2·5	**6·0**	7·0	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	**6·0**	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**3·5**	4·0	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	**3·0**	—	—	—	—	—

56.

Zweites Stengelglied.

Oben	1·0	**1·5**	**2·5**	**3·5**	**5·0**	**7·0**	**10·0**	**12·0**
	1·0	1·25	2·0	2·5	4·0	6·0	8·5	9·0
	1·0	1·25	2·0	2·0	4·0	**6·5**	7·0	—
	1·0	1·25	1·75	2·0	4·0	5·5	6·0	—
	1·0	1·25	1·5	2·0	**4·5**	5·0	—	—
	1·0	1·25	1·25	2·0	4·0	—	—	—
	1·0	1·25	1·0	**2·5**	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	**2·5**	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	**2·5**	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	2·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	2·0	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·75	—	—	—	—	—
	1·0	1·25	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	**2·0**	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·0	—	—	—	—	—	—

57.

Drittes Stengelglied desselben Sprosses.

Oben	1·0	**1·5**	**2·0**	2·0	4·0	7·0
	1·0	1·0	**2·0**	**3·0**	**4·5**	6·0
	1·0	1·0	**2·0**	2·5	4·0	5·5
	1·0	1·0	1·5	2·0	3·0	4·0
	1·0	1·0	1·5	2·0	**3·5**	—
	1·0	1·0	2·0	2·0	3·0	—
	1·0	1·0	2·0	2·0	3·0	—
	1·0	1·0	**2·5**	**2·5**	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—
	1·0	1·5	2·0	—	—	—
	1·0	**2·0**	—	—	—	—
	1·0	**2·0**	—	—	—	—
Unten	1·0	1·5	—	—	—	—

II. *Lathyrus sativus.*

58.

Epicotyl. Cultur im Dunkeln. Temperatur bei 19·5—20·5° C. Unter den gleichen Verhältnissen wurden auch die Versuche 58 *a* und 59 ausgeführt.

Oben	1·0	**2·0**	3·0	3·2	4·0
	1·0	1·5	**4·0**	**6·0**	**6·0**
	1·0	1·0	3·0	—	—
	1·0	1·2	2·5	—	—
	1·0	**2·0**	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—

58. *a*

O.	1·0	**2·5**	**5·0**	**7·0**	7·5
	1·0	1·2	4·5	5·0	—
	1·0	1·2	3·8	—	—
	1·0	1·5	2·2	—	—
	1·0	**2·2**	—	—	—
U.	1·0	**2·2**	—	—	—

59.

O.	1·0	1·8	3·0	3·5
	1·0	**2·0**	**5·0**	**8·0**
	1·0	1·4	4·5	—
	1·0	1·0	2·5	—
	1·0	2·0	2·4	—
	1·0	**2·4**	—	—
U.	1·0	1·8	—	—

60.

Erstes, dem Epicotyl folgendes Stengelglied, Cultur im Finstern bei 19·5—20·5° C.

Oben	1·0	**1·2**	2·0	4·0
	1·0	1·0	2·5	**6·5**
	1·0	1·0	2·8	6·2
	1·0	1·0	**3·2**	5·0
	1·0	1·2	2·8	5·0
	1·0	1·2	2·0	3·0
	1·0	1·2	2·0	—
	1·0	1·2	2·0	—
	1·0	1·4	2·0	—
Unten	1·0	**1·8**	—	—

Zwei andere unter den gleichen Verhältnissen durchgeführte Versuche gaben das gleiche Resultat.

III. *Vicia sativa.*

61.

Epicotyl. Versuche im Dunkeln bei 18·4—20·2° C. Unter gleichen Verhältnissen wurde auch Versuch 62 ausgeführt.

Oben	0·75	**2·0**	**3·5**
	0·75	1·2	3·0
	0·75	0·75	1·2
	0·75	1·0	1·2
	0·75	1·0	1·2
	0·75	**1·2**	—
	0·75	**1·2**	—
	0·75	1·0	—
	0·75	1·0	—
Unten	0·75	—	—

62.

Oben	0·75	**1·4**	**2·0**
	0·75	0·75	1·8
	0·75	0·75	1·5
	0·75	0·75	1·3
	0·75	0·75	1·2
	0·75	1·0	1·2
	0·75	1·0	1·2
	0·75	**1·2**	—
	0·75	**1·2**	—
	0·75	1·0	—
Unten	0·75	1·0	—

Unter gleichen Verhältnissen wurden noch acht andere Beobachtungsreihen mit demselben Objecte durchgeführt, welche mit den angeführten gleichsinnige Resultate ergaben.

Erstes dem Epicotyl folgendes, also zweites Internodium von *Vicia sativa*. Cultur im Dunkeln. Temperatur 18—20° C. Es wurden 10 Versuchsreihen durchgeführt, die alle das gleiche Resultat ergaben. Aus denselben seien die beiden folgenden ausgehoben.

63.

Oben	0·75	**2·0**	2·0	2·0
	0·75	1·0	3·7	**12·0**
	0·75	1·2	**4·0**	7·0
	0·75	1·5	3·8	5·0
	0·75	**2·8**	3·5	4·0
	0·75	2·5	3·2	4·0
	0·75	2·5	2·8	—
	0·75	2·0	2·5	—
	0·75	1·4	2·0	—
	0·75	1·2	1·6	—
	0·75	1·0	1·2	—
	0·75	1·0	—	—
	0·75	1·0	—	—
Unten	0·75	1·0	—	—

64.

Oben	0·75	**2·0**	2·4	**5·5**
	0·75	1·5	**3·2**	**5·5**
	0·75	**2·0**	2·5	4·0
	0·75	**2·0**	2·5	3·5
	0·75	1·0	2·0	2·4
	0·75	1·0	1·2	—
	0·75	0·9	1·0	—
Unten	0·75	0·9	—	—

65.

Drittes Internodium von *Vicia sativa*. Cultur im Dunkeln bei 18·2—20·5° C.

Oben	0·5	**1·0**	4·0	13·0
	0·5	**1·0**	**5·0**	**15·0**
	0·5	**1·0**	3·2	12·0
	0·5	0·9	3·0	8·0
	0·5	0·8	3·8	7·0
	0·5	0·8	**4·2**	5·0
	0·5	0·6	**4·2**	—
	0·5	0·5	4·0	—
	0·5	1·0	4·0	—
Unten	0·5	**1·5**	3·6	—

Drei andere unter gleichen Bedingungen durchgeführte Versuche stimmten mit dem mitgetheilten überein.

IV. *Pisum sativum.*

Epicotyl. 12 Versuchsreihen. Dieses Object ist zu Versuchen wenig geeignet, namentlich, wenn das Stengelglied mehrfache Undulationen zeigt. Die Krümmungen sind dann so klein, dass zur Feststellung des thatsächlichen Wachsthumsverlaufes die Methode nicht mehr ausreicht. Ich kann auch jetzt nicht mehr aussagen, als was ich bezüglich dieses Versuchsobjectes bereits früher[1] mittheilte, dass nämlich, wenn dasselbe wie das Epicotyl von *Phaseolus* nur eine einfache Undulation aufweist, es sich wie dieses verhält. Bilden sich aber mehrere Undulationen aus, so scheinen so viel Wachsthumsmaxima vorhanden zu sein, als Krümmungsbögen ausgebildet werden.[2]

V. *Phaseolus vulgaris.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Es wurden 16 Versuchsreihen mit durchaus gleichsinnigen Resultaten durchgeführt. Aus denselben seien die drei nachfolgenden mitgetheilt. Cultur im Dunkeln bei 19·5—20·7° C.

66.

Oben	1·0	1·0	1·2	2·0	4·0	5·0	7·5
	1·0	1·0	1·4	2·5	4·0	**7·0**	11·5
	1·0	1·0	1·5	3·0	**5·0**	6·5	**12·5**
	1·0	1·0	1·5	3·5	**5·0**	6·5	**12·5**
	1·0	1·2	1·5	3·5	4·5	7·0	**12·5**
	1·0	1·2	1·6	**4·0**	6·0	7·5	11·0
	1·0	1·2	1·9	3·5	6·0	7·5	10·0
	1·0	1·5	**2·0**	3·5	**6·5**	**8·0**	—
	1·0	1·5	1·5	3·0	**6·5**	7·5	—
	1·0	1·5	1·5	3·0	6·0	7·0	—
	1·0	1·5	1·5	4·0	6·0	7·0	—
Unten	1·0	**1·7**	1·7	**6·0**	—	—	—

[1] Die undulirende Nutation. Sep. Abdr. p. 30.

[2] Damit schliessen die Beobachtungen über Epicotyle. Zur Ergänzung berufe ich mich auf meine früheren gelegentlichen Beobachtungen, welche bezüglich der Epicotyle von *Soja hispida* und *Vicia Faba* für die Zeit der undulirenden Nutation gleichfalls zwei Wachsthumsmaxima ergeben hatten (l. c. Sep. Abdr. p. 29).

67.

Oben	1·0	1·0	1·0	2·5	**3·5**	4·5	**7·0**	**9·0**
	1·0	1·0	1·4	2·5	3·0	4·5	**7·0**	—
	1·0	1·0	2·0	3·0	3·5	5·0	**7·0**	—
	1·0	1·2	2·0	**3·5**	3·5	5·0	6·5	—
	1·0	1·3	2·4	**3·5**	4·0	**5·5**	6·5	—
	1·0	1·5	2·5	3·0	4·0	**5·5**	6·0	—
	1·0	1·5	2·5	2·5	4·0	5·0	—	—
	1·0	**2·0**	**3·0**	3·0	**5·0**	—	—	—
	1·0	1·7	2·0	3·0	**5·0**	—	—	—
	1·0	1·5	1·5	3·0	4·0	—	—	—
	1·0	**1·8**	1·8	3·5	4·0	—	—	—
	1·0	**1·8**	**2·0**	3·5	4·0	—	—	—
	1·0	**1·8**	**2·0**	**4·0**	4·0	—	—	—
	1·0	1·7	**2·0**	**4·0**	—	—	—	—
	1·0	1·5	**2.0**	3·5	—	—	—	—
	1·0	1·5	**2·0**	3·0	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—

68.

					2·0	2·5	3·0	4·0	5·0[1]
Oben	1·0	1·0	1·2	3·0	4·0	7·0	12·0	**16·0**	**17·0**
	1·0	1·0	1·2	3·5	5·0	8·5	**14·0**	—	—
	1·0	1·2	1·4	4·0	**5·5**	9·0	13·0	—	—
	1·0	1·2	1·4	**4·5**	5·0	9·5	13·0	—	—
	1·0	1·0	**2·4**	**4·5**	5·5	**10·0**	11·0	—	—
	1·0	**1·8**	1·8	4·0	**9·0**	**10·0**	11·0	—	—
	1·0	1·4	1·8	4·0	8·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·8	4·5	8·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·8	**6·5**	8·0	—	—	—	—
	1·0	**1·5**	1·8	6·0	6·0	—	—	—	—
Unten	1·0	**1·5**	**2·0**	3·0	4·0	—	—	—	—

[1] Diese Zone schob sich erst während des Versuches intercalar ein. Je jünger das Internodium ist, mit welchem der Versuch ausgeführt wird, desto sicherer kann man auf das Auftreten der intercalaren Zone rechnen.

VI. *Lupinus mutabilis.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Zwei Versuchsreihen mit gleichen Resultaten, welche im Wesentlichen mit den vorher mitgetheilten übereinstimmen.

VII. *Linum usitatissimum.*

Hypocotyl. 14 Versuchsreihen. Diese Pflanze zeigt insoferne ein etwas abweichendes Verhalten, als das Hypocotyl schwächlicher Keimlinge nur einfach, das kräftiger anfänglich einfach und dann undulirend nutirt. Sieben Pflanzen zeigten das erstere, sieben andere das letztere Verhalten. Die Hypocotyle der ersteren wiesen nur ein, die der letzteren anfangs ein und während der Dauer der undulirenden Nutation zwei Maxima der Zuwächse auf.

VIII. *Cucurbita Pepo.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Fünf Versuchsreihen im Dunkeln bei 15·5—17° C. Alle mit gleichem Resultate.

Folgende Beobachtungsreihe sei aus unserer Aufzeichnung ausgehoben.

69.

Oben	1·0	1·8	4·4	8.0	11·0	18·0	39·0
	1·0	**2·0**	**4·5**	5·5	14·0	**27·0**	**44·0**
	1·0	**2·0**	3·0	**6·8**	**16·0**	22·0	25·0
	1·0	1·5	2·0	5·5	12·5	14·5	—
	1·0	1·0	**2·2**	4·6	9·0	—	—
	1·0	1·0	**2·2**	4·4	7·0	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	5·2	—	—
	1·0	1·0	2·0	4·0	—	—	—
	1·0	**1·4**	2·0	3·0	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—
Unten	1·0	1·2	—	—	—	—	—

IX. *Raphanus sativus.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Cultur im Finstern bei verschiedener Temperatur. Trotzdem in 24 Versuchsreihen gleichsinnige Resultate. Die beiden nachfolgend mitgetheilten Versuche verliefen bei 20·5—21·4° C.

70.				
O. 0·75	**1·5**	2·0	5·0	8·8
0·75	1·4	4·0	9·5	**13·5**
0·75	1·4	**6·5**	**11·0**	13·0
0·75	1·4	6·0	9·5	11·0
0·75	1·2	5·0	6·2	6·8
0·75	1·0	5·0	6·0	—
0·75	0·75	4·5	6·0	—
0·75	0·75	4·5	6·0	—
0·75	1·5	4·5	5·0	—
0·75	**2·2**	4·0	—	—
0·75	1·8	2·5	—	—
0·75	1·5	—	—	—
0·75	1·3	—	—	—
0·75	1·0	—	—	—
0·75	—	—	—	—
0·75	—	—	—	—
U. 0·75	—	—	—	—

71.				
O. 0·75	**1·2**	2·0	3·2	5·0
0·75	1·0	**2·8**	**5·0**	**6·0**
0·75	1·0	2·2	**5·0**	5·5
0·75	1·0	2·2	**5·0**	—
0·75	0·9	2·2	4·0	—
0·75	0·75	2·0	3·5	—
0·75	0·75	2·0	3·0	—
0·75	0·9	2·0	3·0	—
0·75	1·0	2·0	3·0	—
0·75	1·2	2·0	—	—
0·75	**1·5**	1·5	—	—
0·75	1·0	1·5	—	—
0·75	—	—	—	—
0·75	—	—	—	—
0·75	—	—	—	—
U. 0·75	—	—	—	—

X. *Lepidium sativum.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Cultur im Dunkeln bei 17—18° C. 12 Versuchsreihen mit durchwegs gleichsinnigem Resultate.

XI. *Helianthus annuus.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Cultur im Finstern bei 16·2—20·8° C. 22 Versuche. Ein Keimling in Folge schwachen Wachsthums abnorm, nämlich blos ein Maximum zeigend. 21 dem bisher constatirten Wachsthumstypus undulirend nutirender Stengelglieder entsprechend.

72.

Oben	1·0	1·0	2·0	3·0	3·5	4·2	5·0	7·0	8·0	12·0	14·0	16·0	17·5
	1·0	1.2	**2·5**	**4·5**	**5·0**	**7·0**	**11·0**	**18·0**	**23·0**	**32·0**	**38·0**	**40·5**	**41.0**
	1·0	**1·5**	2·2	3·2	4·0	6·5	**11·0**	16·0	18·0	20·0	—	—	—
	1·0	1·2	1·9	3·0	3·5	6·0	8·0	11·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·0	2·5	5·0	8·5	11·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	4·5	7·5	**11·5**	**12·5**	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	**2·5**	**7·5**	**10·0**	11·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	2·2	6·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	2·0	3·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**1·4**	1·4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	**1·4**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

73.

Oben	1·0	**2·3**	**3·5**	**4·8**	**6·5**	7·6	9·0	12·0	12·5	15·0	20·0	21·0	21·5
	1·0	**2·3**	3·0	4·0	5·0	**8·0**	10·5	15·0	**17·0**	**21·5**	**25·0**	**25·0**	**25·0**
	1·0	2·0	1·8	4·5	6·0	7·5	**13·0**	**16·0**	**17·0**	19·0	—	—	—
	1·0	1·5	1·2	5·0	6·5	8·5	12·0	13·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·3	2·0	6·0	8·5	**12·5**	**12·5**	13·5	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	3·0	7·4	10·0	**12·5**	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	4·0	**8·0**	**12·5**	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·2	**4·2**	**8·0**	10·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·5**	4·0	6·5	7·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	2·8	4·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	2·8	3·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

74.

					5·0	5·5	6·0	8·0	8·0	9·5	10·0	11·0	12·0[1]
Oben	1·0	**2·0**	**3·5**	**9·0**	**12·0**	**18·5**	**25·5**	**32·0**	**34·0**	**38·0**	**42·0**	**43·0**	**44·0**
	1·0	1·3	2·0	8·6	11·0	12·5	12·7	13·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·0	3·0	**10·5**	11·0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	**4·0**	4·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·0	3·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	**2·2**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

XII. *Madia sativa.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Cultur im Dunkeln bei 20·5° C. Sieben Versuche. Gleichsinnig.

75.

Oben	0·75	1·2	2·2	3·8	5·0
	0·75	**1·4**	**2·5**	**4·0**	**8·0**
	0·75	1·2	2·0	3·8	5·2
	0·75	1·0	1·8	3·2	4·5
	0·75	1·0	2·0	3·0	—
	0·75	1·2	**2·5**	3·0	—
	0·75	1·2	2·2	2·5	—
	0·75	**1·4**	2·0	—	—
	0·75	0·75	1·0	—	—
Unten	0·75	—	—	—	—

[1] Intercalare Zone.

XIII. *Cannabis sativa.*

Hypocotyl. Undulirende Nutation. Cultur im Dunkeln bei 17·8—21·5° C. 16 Versuche. Alle gleichsinnig bis auf einen, in welchem die Keimpflanze nach drei Tagen abstarb und während des schwachen Wachsthums nur ein Maximum zeigte.

76.

Oben	1·0	**1·5**	**2·0**	8·5	**13·0**	**23·0**	**34·0**
	1·0	1·0	1·5	**12·0**	12·5	14·0	—
	1·0	1·5	4·5	10·5	—	—	—
	1·0	2·5	5·0	9·0	—	—	—
	1·0	3·0	**7·2**	8·5	—	—	—
	1·0	4·0	7·0	8·5	—	—	—
	1·0	**5·0**	6·5	7·0	—	—	—
	1·0	2·5	3·5	—	—	—	—
	1·0	2·0	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·8	—	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—

77.

Oben	1·0	**2·0**	**3·0**	6·0	9·5	14·0	**23·0**	**29·0**
	1·0	1·2	2·5	**13·0**	**14·0**	**16·0**	17·0	—
	1·0	1·2	4·0	12·5	13·0	13·5	—	—
	1·0	2·5	6·2	11·0	—	—	—	—
	1·0	2·5	**7·0**	9·5	—	—	—	—
	1·0	3·5	6·5	7·8	—	—	—	—
	1·0	**5·0**	6·0	—	—	—	—	—
	1·0	**5·0**	—	—	—	—	—	—
	1·0	3·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	3·0	—	—	—	—	—	—
	1·0	2·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	1·5	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—	—	—

XIV. *Anemone Hepatica.*

Blüthenstiel. Undulirende Nutation. Cultur im Tageslichte bei 8·5—10·9° C. Vier Versuche, alle gleichsinnig.

78.

Oben	1·0	2·0	2·0	2·5	4·0	4.5
	1·0	2·0	2·0	3·0	4·5	5·0
	1·0	1·8	3·0	4·0	4·2	—
	1·0	1·5	3·0	4·0	—	—
	1·0	1·8	3·2	3·5	—	—
	1·0	2·0	3·5	—	—	—
	1·0	2·5	3·4	—	—	—
	1·0	1·5	3·3	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	—	—	—
	1·0	1·0	2·0	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·5	—	—	—
	1·0	1·0	1·4	—	—	—
	1·0	1·0	1·4	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—	—

79.

Oben	1·0	1·5	2·0	2·2	2·2	2·4
	1·0	1·5	2·2	2·4	2·5	4·0
	1·0	1·25	2·0	3·0	5·0	5·0
	1·0	1·0	1·0	4·0	4·0	4·5
	1·0	1·0	1·3	3·5	—	—
	1·0	1·0	1·5	3·0	—	—
	1·0	1·0	1·7	3·0	—	—
	1·0	1·0	2·5	3·0	—	—
	1·0	1·3	3·0	—	—	—
	1·0	1·5	2·5	—	—	—
	1·0	1·5	2·5	—	—	—
	1·0	2·0	—	—	—	—
	1·0	2·0	—	—	—	—
Unten	1·0	1·5	—	—	—	—

XV. *Oxalis Acetosella.*

Blüthenstiele. Undulirende Nutation. Cultur im Tageslichte bei einer mittleren Temperatur von 15° C.

Es wurden vier Versuchsreihen durchgeführt, von denen drei glückten, die vierte wegen Absterbens des Blüthenstiels unterbrochen werden musste. Die Ergebnisse stimmen auch mit allen übrigen bereits mitgetheilten überein.[1]

Es folgen nun unsere Beobachtungen über das Wachsthum von in revolutiver Nutation befindlichen Internodien.

Die Versuche wurden mit *Humulus Lupulus* und mit den höheren Stengelgliedern von *Phaseolus multiflorus* angestellt.

XVI. *Humulus Lupulus.*

Die Versuchspflanzen wuchsen im Freien, dem Tageslichte ausgesetzt, zwischen dem 21. und 29. Mai. Die täglichen Extreme der Temperatur waren: Am 21. 4·6 und 14·8° C.; 22. 7·0 und 14·0; 23. 9·0 und 17·7; 24. 11·0 und 22·0; 25. 14·9 und 24·3; 26. 12·0 und 26·0; 27. 13·7 und 25·9; 28. 16·9 und 21·1; 29. 14·8 und 23·8.

Die jungen Stengelglieder wurden in Abständen von 1 zu 1, beziehungsweise 3 zu 3 Mm. markirt und von 48 zu 48 Stunden gemessen. Während Harting, wie oben mitgetheilt wurde, fand, dass die Stengelglieder des Hopfens am unteren Ende wachsen, beobachteten wir in Übereinstimmung mit Münter, dass der Zuwachs unten beginnt und nach oben aufsteigt. Es wurden 12 Versuche ausgeführt, welche durchaus gleichsinnige Resultate lieferten. Aus diesen Versuchen wähle ich die ersten besten aus.

---

[1] Anschliessend an obige, durchwegs auf Stengel Bezug habende Beobachtungen, sei hier vorläufig mitgetheilt, dass auch nutirende Blattstiele sich so wie nutirende Stengelglieder verhalten. So lange die Nutation währt, geben sich zwei Wachsthumsmaxima zu erkennen, nach der Geradstreckung aber nur eines. Die Versuche wurden mit Blättern von *Anemone Hepatica* und *Phaseolus multiflorus* angestellt und übereinstimmende Resultate erhalten.

80.

Oben	1·0	2·5	9·5	**19·0**
	1·0	2·5	11·0	17·0
	1·0	2·5	11·5	17·0
	1·0	2·5	**13·5**	16·0
	1·0	2·6	10·5	14·5
	1·0	2·6	10·0	14·0
	1·0	2·6	9·0	14·0
	1·0	2·6	8·5	13·0
	1·0	2·6	8·5	11·5
	1·0	2·6	8·4	11·0
	1·0	2·6	8·2	10·0
	1·0	2·6	8·0	9·5
	1·0	2·7	8·0	9·0
	1·0	2·7	7·5	9·0
	1·0	2·8	7·0	8·0
	1·0	2·8	7·0	8·0
	1·0	2·8	7·0	7·5
	1·0	2·8	6·5	7·0
	1·0	2·8	6·5	7·0
	1·0	**3·0**	6·5	7·0
	1·0	**3·0**	6·5	7·0
Unten	1·0	**3·0**	6·5	7·0

81.

Oben	1·0	1·8	9·0	**20·0**
	1·0	1·8	9·5	19·0
	1·0	2·0	9·8	18·0
	1·0	2·0	10·5	15·0
	1·0	2·0	**11·0**	15·0
	1·0	2·0	9·5	12·0
	1·0	2·2	8·0	11·5
	1·0	2·2	7·5	10·0
	1·0	2·4	7·0	10·0
	1·0	2·5	6·8	8·0
	1·0	2·5	6·5	7·5
	1·0	2·5	6·5	7·0
Unten	1·0	**3·0**	6·0	7·0

82.

Oben	1·0	1·4	11·0	**24·0**
	1·0	1·4	**12·0**	20·0
	1·0	1·4	**12·5**	17·0
	1·0	1·4	10·9	16·0
	1·0	1·5	10·0	14·0
	1·0	1·5	9·5	13·5
	1·0	1·5	9·5	13·0
	1·0	1·5	9·8	11·0
	1·0	1·5	9·0	10·0
	1·0	1·8	8·5	10·0
	1·0	2·0	8 5	9·8
	1·0	2·0	8·2	9·8
	1·0	2·0	8·2	9·0
	1·0	2 0	8·0	9·0
	1·0	2·0	7·5	8·5
	1·0	2·0	7·5	8·0
	1·0	2·0	7·5	8·0
	1·0	2·0	7·2	8·0
	1·0	2·0	7·2	8·0
	1·0	**2·4**	7·2	8·0
Unten	1·0	**2·4**	7·2	8·0

83.

Oben	1·0	1·8	3·0	9·0	**14·0**
	1·0	1·8	4·0	**9·5**	12·5
	1·0	2·0	4·8	9·0	11·0
	1·0	2·0	4·8	8·5	—
	1·0	2·0	5·0	8·2	—
	1·0	2·0	5·0	8·0	—
	1·0	2·0	5·2	7·5	—
	1·0	2·2	5·2	5·5	—
	1·0	2·2	**5·5**	5·0	—
	1·0	2·2	3·8	4·0	—
	1·0	2·2	3·2	3·5	—
	1·0	2·4	3·2	3·5	—
	1·0	2·4	3·0	3·2	—
	1·0	2·5	3·0	3·2	—
	1·0	2·5	3·0	—	—
	1·0	2·5	3·0	—	—
	1·0	2·5	2·8	—	—
	1·0	**2·7**	2·8	—	—
	1·0	**2·7**	—	—	—
	1·0	**2·7**	—	—	—
Unten	1·0	2·5	—	—	—

84.

Oben	3·0	5·0
	3·0	5·0
	3·0	5·0
	3·0	5·0
	3·0	5·0
	3·0	4·8
	3·0	4·5
	3·0	4·0
	3·0	3·8
	3·0	3·8
	3·0	3·6
	3·0	3·2
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
	3·0	—
Unten	3·0	—

XVII. *Phaseolus multiflorus.*

Höhere, revolutiv nutirende Stengelglieder. 12 Versuchsreihen. Alle im Freien zwischen dem 7. und 13. Juni l. J. Die Markirung erfolgte am 7., die Ablesung am 8., 9., 11., 12. und 13. Minimum der Temperatur 14·0, Maximum 25·5° C.

85.

Sechstes Internodium.

Oben	1·0	2·0	3·4	3·4	9·0	12·0
	1·0	2·2	4·2	10·0	**19·0**	**25·0**
	1·0	2·2	4·2	12·0	18·0	19·5
	1·0	2·2	4·5	**13·0**	14·0	—
	1·0	2·4	5·0	11·0	12·0	—
	1·0	2·8	5·4	11·0	—	—
	1·0	2·8	5·4	9·0	—	—
	1·0	3·0	5·4	8·0	—	—
	1·0	**3·2**	**6·0**	—	—	—
Unten	1·0	3·0	5·2	—	—	—

86.

Sechstes Internodium.

Oben	1·0	1·5	1·5	5·0	19·0	**26·0**
	1·0	1·5	2·0	6·0	**21·0**	24·5
	1·0	1·5	2·4	7·0	17·0	18·0
	1·0	1·5	2·8	**9·0**	12·0	—
	1·0	1·5	3·0	8·0	8·5	—
	1·0	1·5	3·0	6·5	—	—
	1·0	1·6	3·2	5·0	—	—
	1·0	1·6	3·5	4·5	—	—
Unten	1·0	**2·0**	**4·5**	—	—	—

87.

Siebentes Internodium.

Oben	1·0	2·0	3·0	7·0	20·0	26·0
	1·0	2·0	3·4	9·0	**25·0**	**28·0**
	1·0	2·0	4·0	11·0	17·0	19·0
	1·0	2·0	4·0	**12·0**	16·0	—
	1·0	2·0	5·2	**12·0**	14·0	—
	1·0	2·8	5·2	11·0	—	—
	1·0	3·0	5·5	9·5	—	—
	1·0	3·0	5·5	8·0	—	—
	1·0	3·0	5·5	7·0	—	—
	1·0	3·0	5·8	6·0	—	—
	1·0	3·2	**6·0**	—	—	—
	1·0	3·2	5·5	—	—	—
	1·0	3·2	5·5	—	—	—
	1·0	3·2	5·5	—	—	—
	1·0	**3·4**	4·5	—	—	—
	1·0	3·2	4·0	—	—	—
Unten	1·0	3·2	4·0	—	—	—

88.

Achtes Internodium.

Oben	1·0	1·4	2·5	7·0	18·0	23·0
	1·0	1·4	2·5	7·5	**20·0**	**27·0**
	1·0	1·4	2·8	8·0	16·0	19·0
	1·0	1·5	3·0	10·0	14·0	—
	1·0	1·6	3·4	11·5	12·5	—
	1·0	1·6	3·6	**12·0**	—	—
	1·0	1·8	4·0	**12·0**	—	—
	1·0	1·8	4·2	9·0	—	—
	1·0	1·8	4·2	8·0	—	—
	1·0	2·0	4·5	5·5	—	—
	1·0	**2·2**	**5·0**	—	—	—
	1·0	**2·2**	**5·0**	—	—	—
Unten	1·0	**2·2**	3·0	—	—	—

XVIII. *Acer platanoides.*

Laubsprosse. Internodien hyponastisch. Versuche im Freien zwischen 13. und 21. Juni. 14 Versuchsreihen mit gleichen Resultaten.

89.

Oben	1·0	1·7	1·8	2·5
	1·0	1·8	2·2	2·5
	1·0	1·8	2·0	—
	1·0	1·5	2·0	—
	1·0	1·5	1·6	—
	1·0	1·2	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
	1·0	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—

90.

Oben	1·0	1·5	1·5	1·5	2·0
	1·0	1·5	1·5	1·5	2·0
	1·0	1·5	1·8	2·0	—
	1·0	1·8	1·8	—	—
	1·0	1·8	1·8	—	—
	1·0	1·8	1·8	—	—
	1·0	1·8	1·8	—	—
	1·0	1·5	1·6	—	—
	1·0	1·5	1·5	—	—
	1·0	1·4	1·5	—	—
	1·0	1·2	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—
	1·0	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—
	1·0	—	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—	—

XIX. *Evonymus europaeus.*

Drei hyponastische Internodien desselben Sprosses.

91.

Markirung am 11. Mai, Messung am 13., 15., 17. Mai.

Oben	1·0	1·4	1·8	1·8
	1·0	1·4	1·8	1·8
	1·0	1·4	1·4	1·5
	1·0	1·4	1·4	1·5
	1·0	1·4	1·4	1·5
	1·0	1·3	—	—
	1·0	1·3	—	—
	1·0	1·3	—	—
	1·0	1·3	—	—
	1·0	1·3	—	—
	1·0	1·2	—	—
	1·0	1·2	—	—
	1·0	1·2	—	—
	1·0	1·2	—	—
	1·0	—	—	—
Unten	1·0	—	—	—

92.

Markirung am 11. Mai, Messung am 13., 15., 16., 18., 20. Mai.

Oben	1·0	1·5	1·8	2·0	3·0	3·4
	1·0	1·5	1·8	2·0	3·0	3·2
	1·0	1·5	1·8	2·0	3·0	—
	1·0	1·5	1·8	2·0	3·0	—
	1·0	1·5	1·8	1·8	2·8	—
	1·0	1·5	1·7	1·8	2·8	—
	1·0	1·5	1·7	1·8	2·8	—
	1·0	1·5	1·6	1·8	2·5	—
	1·0	1·5	1·6	1·8	2·5	—
	1·0	1·5	1·6	1·8	2·5	—
	1·0	1·4	1·5	1·6	2·5	—
	1·0	1·4	1·5	1·6	1·8	—
	1·0	1·4	—	—	—	—
	1·0	1·3	—	—	—	—
	1·0	1·3	—	—	—	—
	1·0	1·2	—	—	—	—
Unten	1·0	1·2	—	—	—	—

93.

Markirung am 11. Mai, Messung am 13., 15., 16., 18., 20., 23., 25., 27. Mai.

Oben	1·0	1·4	1·8	2·2	5·0	6·0	6·5	7·0	8·0
	1·0	1·4	1·6	2·2	4·0	5·5	5·8	6·0	6·5
	1·0	1·2	1·6	2·0	3·5	4·0	4·2	5·0	—
	1·0	1·2	1·6	2·0	3·5	3·5	3·5	4·5	—
	1·0	1·2	1·5	1·8	3·0	—	—	—	—
	1·0	1·2	1·5	1·8	3·0	—	—	—	—
Unten	1·0	1·2	1·2	1·6	2·5	—	—	—	—

Die epinastischen und hyponastischen Internodien, welche ich sonst noch untersuchte, dessgleichen die mit unterbrochener Nutation (*Tilia, Ulmus*) verhielten sich ganz so wie Stengelglieder mit einfacher Nutation und wie gewöhnliche orthotrope Internodien; sie liessen nämlich blos ein Wachsthumsmaximum erkennen. Nur wenn eine intercalare Zone sich einschob, trat in manchen Fällen, z. B. bei *Philadelphus* noch ein zweites Maximum des Zuwachses auf. Dieses Verhältniss ist aber nicht auf Nutation zu stellen und kommt auch bei geradwüchsigen Internodien vor. Ich unterlasse es desshalb, über die Wachsthumsweise dieser Stengelglieder weitere Beobachtungen mitzutheilen, da ich die hier in Betracht kommenden Verhältnisse in einer nächsten, den orthotropen Stengelgliedern gewidmeten Abhandlung eingehend schildern werde.

B. Beobachtungen über die Beziehung von Zahl und Grösse der Zellen zum Wachsthum der Internodien.

Die folgenden Beobachtungen sollen zeigen, in welchem Zusammenhang die Vermehrung und die Grössenzunahme der Zellen zum Längenwachsthum stehen und zur Entscheidung der Frage führen, ob das Wachsthum der Stengelglieder anfänglich ein gleichmässiges ist, was zwar mehrfach behauptet, aber noch nicht bewiesen wurde und durch die Markirungsmethode nicht entschieden werden kann. Die zunächst mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich durchwegs auf das Epicotyl von *Phaseolus multiflorus*.

94.

Das Epicotyl von *Phaseolus* in jenem Zustande, in welchem es sich im Samen befindet, ist noch sehr kurz und gerade (orthotrop). Seine mittlere Länge beträgt etwa 1 Mm. Für unsere späteren Beobachtungen ist die Form und der innere Bau desselben nicht gleichgiltig. Es besitzt die Gestalt eines Prismas, welches durch zwei convergirende Flächen oben und unten begrenzt ist, so dass an demselben zwei gleiche und zwei ungleiche, nämlich eine längere und eine kürzere Seitenfläche zu bemerken ist. Die längere ist gegen den Nabel des Samens gewendet, die kürzere liegt der ersteren gegenüber. Die längere Seitenfläche wird später zur convexen, die kürzere zur concaven Seite des Epicotyls. Die Zellen der längeren Seite sind beinahe ebenso lang als die der kürzeren, woraus folgt, dass die erstere mehr Zellen enthält als die letztere. Diese Thatsache, welche gleich durch Zahlen belegt werden soll, scheint mir für die Erklärung des Zustandekommens der Nutation von Wichtigkeit und ich werde mich später auf dieselbe beziehen.

a) Die Länge der langen Seite des Epicotyls mass 1·3, die der kurzen 0·9 Mm. An der ersteren standen 201, an der letzteren 130 Epidermiszellen übereinander.

b) Lange Seite 1·2, kurze 1·1 Mm. Zahl der übereinanderstehenden Oberhautzellen an der ersteren 195, an der letzteren 173.

c) Lange Seite 3·5, kurze 2·1 Mm. Zahl der übereinanderstehenden Oberhautzellen an der ersteren 246, an der letzteren 165.

Die durchschnittliche Länge der Epidermiszellen betrug bei diesem Keimling an der längeren Seite 0·014, an der kürzeren 0·013 Mm. Die Rinden- und Markzellen der langen Seite liessen gegenüber der kurzen keinen Dimensionsunterschied erkennen.

95.

Selbstverständlich besteht selbst in dem noch so kurzen Epicotyl des Samenkeims bereits eine unzweifelhafte Gewebsdifferenzirung, und namentlich tritt das Gefässbündel scharf

hervor. Die Zellen besitzen mithin schon sehr verschiedene Längen. Doch stimmen die gleichwerthigen Elemente, z. B. die der Oberhaut, der Rinde und des Markes so weit untereinander überein, dass man hieraus auf ein gleichmässiges Wachsthum schliessen kann, da ja die Dermatogenzellen, aus denen die Haut-, und die Meristemzellen, aus denen die Grundgewebszellen sich hervorbilden, von gleicher Grösse waren. Im grössten Theile des Epicotyls stimmen die Elemente bestimmter Gewebsarten überein und nur an der oberen und unteren Internodialgrenze, wo reichliche Zellbildung stattfindet, finden sich weit kleinere Zellen vor.

a) Epicotyl von 1·4 Mm. Länge. Im oberen Drittel betrug die durchschnittliche Länge der Markzellen 0·041, im unteren Drittel 0·039, in der Mitte 0·040 Mm.

b) Epicotyl 1·2 Mm. lang. Im oberen Drittel betrug die durchschnittliche Länge der Markzellen 0·038, im unteren 0·042, in der Mitte 0·039 Mm.

In beiden Fällen fand sich ein sehr kleinzelliges Meristem an den Enden der Stengelglieder.

In ganz jungen höheren (zweiten und dritten) Stengelgliedern von *Phaseolus multiflorus* finden sich gleiche Verhältnisse; die Zellen der gleichen Gewebe stimmen gleichfalls in der Grösse überein, wesshalb auch hier auf ein anfänglich gleichmässiges Wachsthum geschlossen werden darf.

96.

Wenn man einen Keimling von *Phaseolus multiflorus* sich so weit entwickeln lässt, bis das Epicotyl deutlich gekrümmt ist, in welchem Stadium bereits ein Wachsthumsmaximum sich vorfindet (siehe oben die Versuche 48—53) und die Zellen aus dem Bereiche des Maximums mit jenen, welche darüber und darunter liegen, vergleicht, so ergeben sich nicht unerhebliche Unterschiede.

Keimling 2 Tage alt. Epicotyl noch innerhalb der Cotylen, etwa 6 Mm. lang. Ein Maximum, etwa in der Mitte (*B*), darüber die Endzone *A*, darunter die Endzone *C*. Mittelwerthe aus je 10 Beobachtungen.

	Mark	Rindenparenchym	Epidermis
A	0·044 Mm.	0·025 Mm.	0·016 Mm.
B	**0·045** „	**0·035** „	**0·020** „
C	0·037 „	0·021 „	0·016 „

Drei andere Versuchsreihen gaben ähnliche Resultate.

97.

a) Ein fünf Tage altes Epicotyl wurde in Millimeter hohe Zonen getheilt, im Dunkeln cultivirt und nach 24 Stunden gemessen. Es ergaben sich folgende Zuwächse:

oben — unten

1·5, **2·2**, **2·2**, **2·2**, **2·2**, **2·2**, 1·6, 1·5, 1·5, 2·0, 2·0, **2·8**, **3·0**, **2·8**, 2·6, 1·8

A *B* *C* *D* *E*

In den mit *A B*... bezeichneten Zonen hatten die Zellen folgende Längen (Mittelwerthe aus je 10 Beobachtungen):

	Mark	Rindenparenchym
A	0·048 Mm.	0·033 Mm.
B (oberes Max.)	**0·064** „	**0·056** „
C	0·058 „	0·052 „
D (unteres Max.)	**0·116** „	**0·113** „
E	0·089 „	0·111 „

b) Epicotyl, sechs Tage alt; sonst wie oben.

oben — unten

2·5, 3·0, 3·0, **3·2**, 2·4, 1·6, 1·5, 1·5, 1·8, 1·8, 2·0, **2·4**, **2·4**, **2·4**, 1·5

A *B* *C* *D* *E*

	Mark	Rindenparenchym
A	0·056 Mm.	0·033 Mm.
B (oberes Max.)	**0·075** „	**0·079** „
C	0·062 „	0·072 „
D (unteres Max.)	**0·201** „	**0·142** „
E	0·189 „	0·122 „

98.

Ein etwa Centimeter hohes Epicotyl wurde in Abständen von einem Millimeter getheilt und nach 14 Tagen, nachdem es völlig ausgewachsen war, zum Versuche verwendet. Es wurden

die Zellen einer unteren Zone, welche blos auf 1·5 Mm. herangewachsen war (*C*), einer mittleren, welche 3·2 Mm. Höhe erreichte (*B*) und der obersten, am längsten gewordenen, bis auf 11·4 Mm. herangewachsenen Zone (*A*) gemessen. Die Längen (Höhen) betrugen nach einem aus 10 Beobachtungen genommenen Mittel:

	Mark	Rindenparenchym	Epidermis
A (11·4 Mm.)..	**0·411** Mm.	**0·248** Mm.	**0·069** Mm.
B (3·2 „)..	0·337 „	0·196 „	0·049 „
C (1·5 „)..	0·223 „	0·133 „	0·044 „

99.

a) Epicotyle mit einfacher Nutationskrümmung und einem Wachsthumsmaximum wurde bezüglich der Zahl der in longitudinaler Richtung aufeinanderfolgenden Markzellen geprüft. Es wurden gefunden:

Bei einem Epicotyl von 7·5 Mm. Länge....222 Zellen
„ „ „ „ 6·5 „ „ ....208 „
„ „ „ „ 8·6 „ „ ....232 „

b) Epicotyle mit undulirender Nutation und zwei Wachsthumsmaximis ergaben in Betreff der Anzahl derselben Zellen:

Bei einem Epicotyl von 13 Mm. Länge.....351 Zellen
„ „ „ „ 20 „ „ .....396 „
„ „ „ „ 21 „ „ .....483 „
„ „ „ „ 32 „ „ .....592 „

c) Epicotyle, an welchen eben die Vereinigung der beiden Maxima stattfand:

Bei einem Epicotyl von 120 Mm. Länge....680 Zellen
„ „ „ „ 101 „ „ ....694 „
„ „ „ „ 122 „ „ ....703 „

d) Völlig ausgewachsene Epicotyle:

Länge 212 Mm.....681 Zellen
„ 241 „ ....693 „
„ 201 „ ....708 „

100.

Zahlreiche den unter 94—99 mitgetheilten Versuchen analoge wurden mit anderen Keimpflanzen, namentlich mit *Helianthus annuus* und *Cucurbita Pepo* angestellt und in allen wesentlichen Punkten gleiche Resultate erhalten.

Da diese Abhandlung aber ohnehin schon einen so grossen Umfang angenommen hat, so unterlasse ich es, weitere Zahlenangaben zu bringen.

101.

Die mitgetheilten mikroskopischen Messungen lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, dass während des Wachsthums des Epicotyls eine beträchtliche Vermehrung der Zellen in longitudinaler Richtung sich eingestellt hat.

Aber auch in tangentialer Richtung nimmt die Zellvermehrung zu. Junge Epicotyle von circa 2 Mm. Länge hatten auf dem Querschnitte im Mittel 350, ältere circa 12 Mm. lange 570 und ausgewachsene circa 750 Epidermiszellen.

Hingegen zeigte sich keine Vermehrung der Zellen in radialer Richtung, wenn die Epicotyle der verschiedensten Altersstadien miteinander verglichen wurden. Auch das Hypocotyl von *Helianthus annuus* ergab die gleichen Resultate.

Die oben mitgetheilten Angaben Harting's (S. 463), über die Zellvermehrung der wachsenden Internodien, wurden durch unsere Beobachtungen bestätigt und wir haben nur noch beizufügen, dass bei in Nutation befindlichen Internodien die longitudinale und transversale Zellvermehrung so lange währt, als die Nutation anhält. Mit dem Eintritte der Geradstreckung des Internodiums hört jede Zellvermehrung auf.

III. Zusammenfassung und Discussion der Beobachtungsergebnisse.

1. Stengelglieder, welche sich in undulirender Nutation befinden, zeigen zwei Wachsthumsmaxima (Zonen stärksten Wachsthums); eines liegt im oberen, nach abwärts gerichteten, das zweite im unteren,

schwächeren, nahezu aufrechtstehenden Bogen. Es wurde dies für das Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* (Versuchsreihe 1—47), von *Lathyrus sativus* (57—60), *Vicia sativa* (61—62), *Pisum sativum* (s. oben S. 511), für das Hypocotyl von *Phaseolus multiflorus* (66—68), *Lupinus mutabilis* (s. oben S. 513), *Linum usitatissimum* (s. oben S. 513), *Cucurbita Pepo* (69), *Raphanus sativus* (70—71), *Lepidium sativum* (s. oben S. 514), *Helianthus annuus* (72—74), *Madia sativa* (75), *Cannabis sativa* (76, 77), ferner für den Blüthenstiel von *Anemone Hepatica* (78—79) und *Oxalis Acetosella* (s. oben S. 520), endlich für die zweiten und dritten Stengelglieder von *Phaseolus multiflorus* (54—57) und *Vicia sativa* (63—65) constatirt.

2. Alle in undulirender Nutation befindlichen Stengelglieder sind in den ersten Entwicklungsstadien, nachdem sie den Knospenzustand verlassen haben, gerade (orthotrop) (94) und haben zu dieser Zeit ein gleichmässiges Wachsthum.[1] Letzteres konnte nicht direct beobachtet werden, wurde aber aus der annähernd gleichen Länge der Zellen gleicher Kategorie erschlossen (95).

3. Bei der Keimung der Dicotylen nehmen die anfänglich orthotropen Internodien bald eine einfache Krümmung an, sie gehen in den Zustand der einfachen Nutation über und zeigen, so lange die letztere anwährt, ein zumeist etwa in der Mitte des Stengelgliedes gelegenes Wachsthumsmaximum (48—53).

4. Mit dem Übergange der einfachen in die undulirende Nutation treten sofort die beiden unter 1. genannten Wachsthumsmaxima auf. Die beiden Maxima erheben sich bei weiterem Wachsthum der Internodien und verschmelzen in der Zeit, in welcher die undulirende Nutation aufgehoben wird, mit einander. So lange das Stengelglied noch wächst, bleibt das Maximum erhalten, welches stets gegen das obere Internodialende zu liegt (s. zum Beispiel die Versuchs-

---

[1] Selbstverständlich nicht ein absolut gleichmässiges. Kleine Wachsthumsstörungen kommen ja immer vor. S. hierüber: Wiesner, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien 1881.

reihen 5 und 6) und anscheinend in manchen Fällen mit dem Ende zusammenfällt (s. zum Beispiel die Versuchsreihen 1—4). Da aber die am obersten Ende des Internodiums gelegenen Zellen stets beträchtlich kleiner sind als die tiefer gelegenen, so ist zu schliessen, dass die Zone des stärksten Zuwachses nie mit der Endzone zusammenfällt, was übrigens durch den Versuch 40 und 40*a* direct bewiesen wird.

5. Das Längenwachsthum der in einer bestimmten Zeit in undulirender Nutation befindlichen Internodien zerfällt mithin in vier Perioden:

a) Orthotroper Zustand (gleichmässiges Längenwachsthum);
b) einfache Nutation (eine maximale Wachsthumszone);
c) undulirende Nutation (zwei maximale Wachsthumszonen);
d) starkes, gerades Wachsthum (mit einer maximalen Wachsthumszone).

6. Zur Zeit des orthotropen Zustandes später undulirend nutirender Internodien befinden sich alle Gewebe des Stengelgliedes in Theilungszuständen und alle Zellen im noch turgorlosen oder sehr wenig turgescenten Zustande. Obgleich die spätere convexe Seite länger ist als die entgegengesetzte (94), so kommt es zu keiner Krümmung. Das Wachsthum ist ein schwaches, gleichmässiges, jedes Element wächst nur zur maximalen Grösse einer Meristemzelle heran, vergrössert also sein Volum blos um etwa das Doppelte.

Zur Zeit der einfachen Nutation zeigen sich bereits beträchtliche Unterschiede in der Wachsthumsgrösse (48—53) in Folge ungleichen Wachsthums. Die Zellen grösster Längsstreckung fallen mit der Zone des stärksten Wachsthums zusammen (96). In dieser Periode findet noch eine sehr beträchtliche Vermehrung der Zellen statt (vgl. 94 und 99*a*).

In der dritten Periode liegen die längsten Zellen in den Zonen der stärksten Zuwächse (97*a* und *b*) und es findet in denselben noch reichliche Zellvermehrung statt (vgl. 99*a* und *b*).

In der vierten Periode liegen die längsten Zellen in derjenigen Zone, welche den stärksten Zuwachs erfahren hat (98). Zu dieser Zeit tritt entweder gar keine oder möglicherweise eine sehr unbeträchtliche Vermehrung

der Zellen ein. Eine absolut sichere Lösung dieser Frage ist nicht durchzuführen, weil die jungen im Samen befindlichen Stengelglieder nie vollständig in der Zellenzahl übereinstimmen.

In früheren Entwicklungsstadien kommt sowohl an Epicotylen als Hypocotylen intercalares Wachsthum vor; so viel wir beobachteten, bei den ersteren am unteren, bei den letzteren am oberen Ende (s. Versuche 54, 68, 72, 74).

7. Wenn man die täglichen Zuwächse der in Zonen getheilten Stengelglieder aus obigen Tabellen berechnet, so zeigt sich, *dass zur Zeit der Nutation das Wachsthum meist unregelmässiger verläuft als vordem und nachher, nämlich in den beiden Perioden des geraden Wuchses.* Wohl treten sowohl während der einfachen als während der undulirenden Nutation die Zonen des maximalen Zuwachses mit Klarheit in jedem Falle auf, im Übrigen geben sich aber viele Unregelmässigkeiten zu erkennen, wie die nachstehende Tabelle lehrt, welche die gleich aus der ersten Versuchsreihe gerechneten täglichen Zuwächse enthält.

0·5	0·7	1·8	1·8	1·7	5·0	6·9	5·9	5·7
0·5	0·7	1·6	5·6	3·6	3·0	2·5	0·5	
0·8	0·7	0·7	0·8	2·2	0·8	0·5		
0·8	0·4	0·4	0·7	1·5	0·5			
1·0	0·2	0·2	1·3	0·2				
1·0	0·2	0·2	0·7					
0·5	0·5	0·5	0·2					
0	0·5	0·5	0					
0	0·75	0·75	0.45					
0·2	0·55	0·55	0·25					
0·5	0	0						
0·5	0	0						
0·5	0	0						

Links von dem verticalen Striche stehen die Zuwächse während der undulirenden, rechts die Zuwächse, welche beim geraden Wuchs sich einstellten. Sowohl die horizontalen als die verticalen Zahlenreihen lassen den bezeichneten Unterschied deutlich hervortreten.

Der Grund des im Allgemeinen unregelmässigeren Verlaufes des Wachsthums zur Zeit der undulirenden Nutation ist wohl zweifellos darin begründet, dass in dieser Periode sowohl die Neubildung von Zellen als die Streckung der Zellen zum Wachsthum führt und der eine Process störend in den Gang des anderen eingreift.

8. Wie aus der unter 6. gegebenen Zusammenstellung sich ergibt, so hängt der Verlauf des Wachsthums nutirender Internodien sowohl von einer Neubildung der Zellen als von der Streckung der Zellen ab. In der ersten Periode ist es das schwache Wachsthum der neugebildeten, nur wieder zu Meristemzellen werdenden Zellen, welche das Wachsthum beherrscht. In der letzten Periode gibt für das Längenwachsthum nur die Längsstreckung der Zellen den Ausschlag. In den beiden dazwischenliegenden Perioden combiniren sich beide Einflüsse, Zellbildung und starke Streckung zu Parenchymzellen auswachsender Meristemelemente.

9. Jene Zonen eines nutirenden Stengels, welche am stärksten in die Länge wuchsen, enthalten auch die am stärksten in die Länge gewachsenen Zellen.

10. Die Maxima der Zuwächse zur Zeit der Nutation sind eine mechanische Folge der letzteren, doch nicht etwa in dem rohen Sinne, als würde die Dehnung an der convexen Seite schon das Maximum bedingen. Dass dies nicht der Fall sein kann, geht ja schon daraus hervor, dass die Markirung stets an der Hinterseite der Keimstengel gemacht wurde, mithin wohl ein Maximum auf der convexen, ein zweites hingegen an der concaven Seite des Internodiums zu liegen kommt. Hingegen lässt sich über das Zustandekommen des nach beendigter Nutation, also im aufrechten, geraden Internodium auftretenden Maximum einstweilen noch nichts aussagen.

11. Dass der specifische Wachsthumsverlauf der nutirenden Internodien — abgesehen von der Geschwindigkeit — sich immer vollzieht, wenn nur die Wachsthumsbedingungen erfüllt sind, geht mit Wahrscheinlichkeit aus den oben mitgetheilten Versuchen

41—46 hervor, welche indess mit aller Bestimmtheit lehren, dass die für die undulirend-nutirenden Internodien charakteristischen Wachsthumsmaxima bei den verschiedensten — innerhalb der Wachsthumstemperatur gelegenen — Wärmegraden sich zu erkennen geben.

12. Während des Wachsthums der nutirenden Internodien findet eine ausgiebige Theilung der Zellen in longitudinaler und tangentialer Richtung statt, während in radialer Richtung die Theilung unterbleibt.

In Bezug auf orthotrope Stengelglieder ist dies bereits von Harting bewiesen worden, und es ist in Betreff der undulirend-nutirenden Internodien nur hinzuzufügen, dass die genannten Theilungen nur so lange nachweisbar sind, als die Stengelglieder nutiren.

13. Epinastische und hyponastische Stengelglieder verhalten sich bezüglich der Vertheilung der Wachsthumsintensitäten im Wesentlichen nicht anders als einfach nutirende Internodien (89—93).

14. In revolutiver Nutation befindliche Internodien wachsen anfänglich gleichmässig, später erscheinen verstärkte Zuwächse am Grunde, welche in immer höhere Zonen hinansteigen.

15. Die vorliegenden Studien über das Wachsthum der nutirenden Internodien führten mich zu folgender Anschauung über das Zustandekommen der Nutation, welche ich zunächst durch Vorführung der am Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* beobachteten Thatsachen anschaulich machen will.

Das den Knospenzustand verlassende Epicotyl ist orthotrop. Im Samen ist es in der Regel orthotrop oder, wenn es stärker herangewachsen ist, nur ganz wenig gekrümmt. Das ganz junge, etwa millimeterhohe Epicotyl hat, wie schon erwähnt, eine vierseitig prismatische Gestalt mit schiefen, gegeneinander convergirenden Endflächen. Die lange Seitenfläche wird bei der Keimung convex, die kurze concav.

Die correspondirenden Zellen der langen und kurzen Seitenfläche besitzen die gleichen Dimensionen. Es ist desshalb die Zahl der übereinanderstehenden Zellen an der längeren Seite eine grössere als an der kürzeren. Trotz dieser ungleichen Zellenzahl an den gegenüberliegenden Seiten des Epicotyls ist

das letztere nicht gekrümmt, weil die dasselbe constituirenden Zellen noch fast durchgängig — nämlich abgesehen von den Gefässen — im Meristemzustande sich befinden, und noch so plastisch sind, dass Spannungszustände nicht eintreten können.

Wenn nun diese Meristemzellen in Dauerelementen sich umsetzen und, wie vorauszusehen ist, die correspondirenden Zellen der langen und kurzen Seite in gleichem Masse sich strecken, so muss die lange Seite convex, die kurze concav werden. Die einfache Nutation ist eingetreten.

Die einfache Nutation verwandelt sich nun in die undulirende, indem die concave Seite bei weiterem Wachsthum gerade wird und sich später sogar in entgegengesetzter Weise krümmt. Auch dieser Theil der Nutationserscheinung lässt sich in ungezwungener Weise erklären. Die Zugspannung an der convexen Seite des nutirenden Internodiums führt zu einer Dehnung der Zellen. Die Folge der Dehnung ist starkes Längenwachsthum der Zellen und verminderte Theilung. Hiefür sprechen nicht nur die Verhältnisse am Epicotyl von *Phaseolus*, sondern auch zahlreiche andere Thatsachen, wie die bedeutenden Längendimensionen an Oberhaut- und Parenchymzellen, welche durch Gefässbündelelemente gedehnt wurden. Die an der concaven Seite des Epicotyls liegenden Zellen sind im Druck gespannt. Die Zellen sind zusammengedrückt. Sie sind im Vergleiche zu den auf der Convexseite stehenden so schmal, dass man unwillkürlich geneigt ist, anzunehmen, dass sie sich reichlicher als jene theilen. An jedem Keimling ist dies zu sehen, so viel ich bemerkte, aber an keiner Pflanze so deutlich wie bei der Erbse, wo an der concaven Seite die Epidermiszellen oft 0·05 Mm. hoch und 0·02 Mm. breit sind, während sie an der convexen Seite blos 0·011 Mm. hoch und 0·04 Mm. breit sind. An der convexen Seite haben die Epidermiszellen das gewöhnliche Aussehen, an der concaven haben sie hingegen geradezu Palissadenform. Berücksichtigt man die Krümmung und Dicke der Stengel und die Länge der Zellen, so ergibt sich, dass an der concaven Seite mehr Zellen durch Theilung entstanden sind als an der convexen. Dies ergibt sich auch aus einer anderen Thatsache. An den ausgewachsenen, gerade gewordenen Epicotylen von *Phaseolus multiflorus* sind die correspondirenden Zellen gleich gross. Da nun der Stengel in

diesem Zustande nicht an einer Seite kürzer ist als an der anderen, wie dies im Jugendzustande der Fall war, so folgt, dass die Vermehrung der Zellen an der ehemals kurzen Seite stärker gewesen sein muss als an der ehemals langen. Diese stärkere Zellvermehrung ist an den gedrückten Concavseiten zu Stande gekommen. Wenn nun aber an der Concavseite mehr Meristemzellen stehen als an der entgegengesetzten, so folgt, dass, wenn diese Zellen zu Parenchymzellen werden, sie die Geradstreckung und schliesslich eine der früheren entgegengesetzte Krümmung des Stengelgliedes bewirken müssen. Damit ist aber schon wieder die Bedingung für die nächste Undulation gegeben.

An Hypocotylen ist die Ungleichheit der Seiten wenig deutlich, die Nutationsanlage selbst nur eine schwache. Hier hilft aber die Last der Cotylen die Nutation verstärken.

Wenn die Stengel mit undulirender Nutation tordiren, so erfolgt ein Übergang der undulirenden in die revolutive Nutation. Es scheint, als würde eine mechanische Erklärung der revolutiven aus der für die undulirende gegebenen abgeleitet werden können. Ich behalte mir vor, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen.

Die im Vorstehenden gegebene Erklärung der einfachen und undulirenden Nutation bitte ich nur als eine vorläufige Mittheilung anzusehen.
